

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI  
en association avec  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CONCEPTIONS PARADIGMATIQUES DU VIVANT ET ATTITUDES ENVERS  
LES ENJEUX RELATIFS AU VIVANT : INFLUENCE DES CONNAISSANCES  
EN BIOLOGIE D'ENSEIGNANTS ET BIOLOGISTES EN FORMATION

THÈSE  
PRÉSENTÉE  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN ÉDUCATION

PAR  
CATHERINE SIMARD

MAI 2015

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'adresse mes plus chaleureux remerciements à Léon Harvey. C'est avec ouverture, constance et rigueur que tu as su m'épauler et m'indiquer, avec patience et enthousiasme, la route à emprunter pour poser mes idées, les enrichir et enfin, à mener à bien ce beau projet. Également, mes sincères remerciements vont à Ghislain Samson pour sa rigueur, ses nombreux conseils, sa disponibilité, son énergie contagieuse et ses encouragements. Tous deux m'avez inspiré l'envie de toujours voir loin dans mon recherche doctorale et pour de projets futurs. Vous êtes mes deux phares qui m'ont procuré ce dont j'avais besoin pour maintenir ma navigation vers mon cap, vers la réalisation de mon doctorat.

Je ne peux passer sous silence le soutien financier, sous forme de bourses d'excellence, dont j'ai eu le privilège de bénéficier tout au long de ce parcours doctoral et sans quoi, je n'aurais pas été en mesure de poursuivre cette grande aventure. Mes deux premières années ont été soutenues, en partie, par la Fondation des Écoles Normales du Québec (FFEN-FUQ) qui a cru en mon projet dès le départ. Ma gratitude va également au Fonds Québécois de la Recherche Société et Culture (FQRSC), à la Fondation de l'UQAR (bourse d'excellence en recherche) et à l'appui octroyé par le bureau du Doyen de l'UQAR (bourse de soutien à la diffusion de la recherche).

Ce parcours se compte en années de vie... Sa réalisation aurait été impossible sans cet extraordinaire cocon familial que j'ai la chance d'avoir. C'est avec tout mon amour que je remercie Christian. Ses encouragements et son appui à entreprendre ce projet, tout comme pendant sa réalisation et ce, jusqu'à la toute fin, ont été indispensables. Christian, je t'adresse d'incommensurables MERCI pour ta patience et sagesse, ta compréhension, ton engagement et pour toutes les dispositions possibles et impossibles

qui ont été mises en place afin de me faciliter ce parcours qui recèle de défis inattendus, tant pour nous que pour nos enfants! À nos enfants : *Maëva et Nathan, quelques années ont passé et maman a enfin terminé « son université »!* Vous avez été si patients, plein d'amour et indulgents face aux instants que vous avez partagés avec ma thèse... Malgré cela, j'ai espoir de vous avoir donné le goût de suivre vos aspirations avec cœur et passion, quelles qu'elles soient! Merci encore à vous trois de me procurer ce nid familial aimant, rayonnant et stimulant qui me remplit d'une énergie qui me pousse à toujours rechercher le meilleur en moi.

Des remerciements tout particuliers vont également à ma famille, mon père Denis, ma mère Armandine, mes frères Guillaume et Pierre, ma sœur Anne-Marie, à Marie-Ève et Sylvie et à tous mes bons ami(e)s pour votre présence et vos infatigables encouragements. Également, je remercie chaleureusement ma belle-famille transatlantique, Liliane, Muriel, Gaël et la mémoire de mon beau-père, Jean-Pierre, pour votre présence ainsi que pour le soutien que vous m'avez procuré lors de mes séjours en France et qui ont contribué à déployer mon réseau de recherche français. À tous, je vous suis infiniment reconnaissante pour tous ces moments partagés qui m'ont ressourcé tout au long de ces années exigeant beaucoup de travail en solo. Vous faites partie de ma richesse intérieure! Et, du plus profond de mon cœur, je remercie mes parents qui sont aussi des grands-parents, *Mémédine et Pépère*. Toujours avec grande disponibilité et d'une affection infinie, je vous remercie de nous avoir soutenus auprès des enfants lors des moments d'urgent travail ou d'urgent repos!

Des mercis spéciaux à ma petite sœur, pour sa présence assidue tant au creux de la vague, qu'en son sommet pour consolider les plus belles émotions en moi. À ma mère, qui a parcouru, avec intérêt et d'un œil avisé, beaucoup de mes nombreux textes afin de les enrichir de tous ces beaux mots de notre magnifique langue française. Merci maman pour nos discussions sur cette passion partagée qu'est l'éducation et qui m'ont permis de clarifier certaines de mes idées.

Un immense merci à tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont alimenté ma passion pour l'éducation et pour les sciences et surtout du vivant sous sa forme biologique, philosophique et didactique, mon bonheur d'enseigner et ma flamme pour la recherche.

Pour terminer, je remercie chacun des 543 étudiants qui sont l'âme de cette étude. Votre implication a une valeur inestimable, sans laquelle cette recherche n'aurait pu voir le jour...

*C'est donc une grande aventure qui prend fin,  
pour mieux me propulser vers l'avant...*

*À mes parents, qui m'ont tant donné*

*À Christian, Maëva et Nathan*

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES .....	xi
LISTE DES GRAPHIQUES .....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	xv
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I	
PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE.....	6
1.1 Éducation aux sciences et technologie.....	6
1.1.1 Biologie, génétique et enjeux sociobiologiques.....	7
1.2 Épistémologie de la science.....	8
1.2.1 Épistémologie de la biologie et obstacles.....	10
1.2.2 Obstacles et didactique de la biologie .....	12
1.3 Conceptualisations du vivant et obstacles épistémologiques historiques .....	15
1.3.1 Effets des connaissances sur les conceptions du vivant .....	22
1.4 Attitude aux enjeux relatifs au vivant .....	26
1.4.1 Effets des connaissances sur l'attitude .....	27
1.5 Interrelation entre les conceptions, l'attitude et les connaissances.....	29
1.6 Questions de recherche.....	32
1.7 Hypothèses de recherche .....	32
CHAPITRE II	
CADRE CONCEPTUEL .....	33
2.1 Histoire de la biologie, conception paradigmatique et obstacle épistémologique .....	33
2.1.1 Biologie et génétique.....	34
2.1.2 Concept de paradigme et conception paradigmatique.....	35

2.1.2.1	Paradigme et conception paradigmatique.....	35
2.1.2.2	Conception.....	37
2.1.3	Concept d'obstacle .....	38
2.1.3.1	Obstacle épistémologique historique .....	40
2.1.4	Conceptions paradigmatiques relatives à la compréhension du vivant ..	41
2.1.4.1	Épistémologie de la biologie .....	41
2.1.4.2	Épistémologie de la biologie sous l'ère de la génétique .....	47
2.2	La connaissance .....	49
2.2.1	La connaissance scientifique.....	50
2.2.2	La connaissance et le savoir scientifique.....	52
2.2.3	La connaissance scientifique actualisée en biologie .....	53
2.3	Pratique enseignante.....	54
2.3.1	La « prise de position ».....	55
2.3.2	L'attitude.....	57
2.3.2.1	Attitude et enseignement du vivant.....	57
CHAPITRE III		
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE .....		62
3.1	Orientation épistémologique de la recherche .....	63
3.2	Orientation méthodologique de la recherche.....	63
3.3	Résumé critique et analyse instrumentale pour la méthodologie .....	64
3.4	Opérationnalisation de la recherche et de l'instrumentation .....	70
3.4.1	Population .....	70
3.4.2	Élaboration de l'instrument de mesure .....	70
3.4.2.1	Construction d'une échelle de mesure multidimensionnelle...	71
3.4.3	Traitement et analyse des données .....	83
3.4.4	Considérations éthiques .....	84

CHAPITRE IV	
RÉSULTATS .....	86
4.1 Données démographiques des populations à l'étude .....	88
4.2 Indices d'unidimensionnalité et de fiabilité de l'instrument de mesure.....	90
4.3 Analyse statistique descriptive simple .....	93
4.3.1 Description générale des conceptions du vivant .....	93
4.3.2 Questionnaire des connaissances sur le vivant (QCoV) .....	100
4.3.2.1 Formation des groupes d'analyse Gr0Co et Gr1Co .....	100
4.3.2.2 Analyse descriptive des groupes Gr0Co et Gr1Co .....	102
4.4 Analyse exploratoire des conceptions du vivant.....	106
4.4.1 Les cinq composantes du questionnaire des conceptions (QCpV).....	107
4.4.2 Fiabilité et validité de construit des cinq composantes .....	109
4.4.2.1 Indices de fiabilité de l'instrument de mesure purifié.....	115
4.4.2.2 Indices de fiabilité pour chacune des cinq composantes.....	118
4.4.2.3 Matrice de corrélation .....	119
4.4.3 Analyse descriptive : taux d'adhésion aux cinq composantes .....	120
4.5 Influence des connaissances en biologie sur la structure multidimensionnelle des conceptions .....	121
4.5.1 Analyse différenciée du groupe Gr1Co sur les conceptions .....	122
4.5.2 Analyse descriptive : l'influence de la formation sur l'adhésion aux conceptions.....	123
4.5.3 Analyse de distribution (khi-carré).....	125
4.5.3.1 Influence des connaissances sur les conceptions .....	125
4.5.3.2 Interrelation entre les conceptions .....	127
4.6 Analyse des mises en situation .....	128
4.6.1 Analyse descriptive des mises en situation .....	128
4.6.2 Influence des connaissances sur l'attitude .....	130

CHAPITRE V	
DISCUSSION.....	134
5.1 Épistémologie spécifique à la biologie : rapport aux savoirs disciplinaires et perspective d'obstacles à la conceptualisation du vivant.....	135
5.1.1 Regard descriptif des conceptions sur le vivant .....	136
5.1.2 Coexistence de conceptions du vivant.....	139
5.2 Conception, connaissance et obstacle épistémologie.....	141
5.2.1 Animisme et vitalisme .....	141
5.2.2 Évolutionnisme.....	144
5.2.3 Évolutionnisme et finalisme.....	146
5.2.4 Évolutionnisme et interactionnisme .....	150
5.2.5 Déterminisme héréditaire et déterminisme comportemental .....	152
5.2.6 Interactionnisme et déterminisme .....	154
5.2.7 Conception-obstacle à la compréhension contemporaine du vivant ....	155
5.3 Attitudes face aux enjeux relatifs au vivant.....	157
5.3.1 Effet des connaissances sur l'attitude .....	161
5.4 Interrelation entre les conceptions, les attitudes et les connaissances .....	166
5.5 Limites.....	168
5.6 Retombées et perspective de recherches .....	170
CHAPITRE VI	
CONCLUSION .....	173
APPENDICE A	
QUESTIONNAIRE SUR LE MONDE DU VIVANT .....	179
APPENDICE B	
MESSAGE COURRIEL PROPOSÉ POUR LE RECRUTEMENT .....	184
APPENDICE C	
CONSENTEMENT DU PARTICIPANT À RÉPONDRE AU QUESTIONNAIRE SUR LE SITE CLAROLINE .....	185

APPENDICE D	
ÉNONCÉS DU QUESTIONNAIRE RELATIFS À L'ÉPISTÉMOLOGIE DE LA BIOLOGIE .....	186
RÉFÉRENCES .....	1888

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.1 : Modèle structural linéaire inspiré de la théorie de l'action raisonnée de Fishbein et Ajzen (1975) .....	30
FIGURE 1.2 : Modèle interactionnel K-V-P (Clément, 2004). .....	31
FIGURE 2.1 : Représentation de la double dimensionnalité de la pratique enseignante .....	55
FIGURE 2.2 : Représentation des éléments pouvant agir sur le raisonnement informel .....	56
FIGURE 2.3 : Représentation schématique des concepts investigués dans le cadre de la recherche doctorale .....	60
FIGURE 5.1 : Ajustement de la représentation schématique des concepts investigués dans le cadre de la présente étude .....	168

## LISTE DES GRAPHIQUES

GRAPHIQUE 4.1 : Moyenne des groupes Gr1Co et Gr0Co en fonction des résultats obtenus au questionnaire des connaissances.....102

GRAPHIQUE 4.2 : Règle de l'éboulis de Cattell pour les études 1 et 2..... 109

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3.1 : Analyse instrumentale pour la méthodologie .....	66
TABLEAU 3.2 : Séquences d'application du paradigme de Churchill dans la démarche de construction de l'instrument de mesure (Churchill, 1979; Roussel, 2005).....	73
TABLEAU 4.1 : Nombre de répondants des études 1 et 2 selon la formation universitaire en cours.....	89
TABLEAU 4.2 : Nombre de répondants féminin et masculin des études 1 et 2.....	90
TABLEAU 4.3 : Indices Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) et test de Bartlett pour les trois sections du questionnaire .....	91
TABLEAU 4.4 : Alpha de Cronbach ( $\alpha$ ).....	93
TABLEAU 4.5 : Fréquences ( $f$ ) et pourcentage (%) de réponses de tous les répondants selon la modalité sur l'échelle de Likert et sur la moyenne des réponses négatives et positives .....	95
TABLEAU 4.6 : Énoncés acceptés par plus de 80 % des répondants pour les études 1 et 2 .....	99
TABLEAU 4.7 : Énoncés rejetés par plus de 80 % des répondants pour les études 1 et 2.....	99
TABLEAU 4.8 : Moyenne au questionnaire des connaissances en fonction des programmes d'études universitaires pour les études 1 et 2 .....	101
TABLEAU 4.9 : Tableau des réponses traduites en fréquence ( $f$ ) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co des études 1 et 2.....	104
TABLEAU 4.10 : Tableau des réponses traduites en pourcentage (%) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co des études 1 et 2.....	105
TABLEAU 4.11 : Valeurs propres des cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2 ( <i>eigenvalues</i> ).....	108
TABLEAU 4.12 : Pourcentage (%) de la variance expliquée pour les cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2.....	108

TABLEAU 4.13 : Matrice de structure des études 1 et 2 en ACP, avant l'étape de purification de l'instrument de mesure .....	111
TABLEAU 4.14 : Matrices de structure épurées et obtenues par ACP.....	114
TABLEAU 4.15 : Alpha de Cronbach ( $\alpha$ ).....	116
TABLEAU 4.16 : Valeurs propres des cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2 ( <i>eigenvalues</i> ).....	116
TABLEAU 4.17 : Pourcentage (%) de la variance expliquée pour les cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2.....	117
TABLEAU 4.18 : Indice de fiabilité de chacune des cinq composantes.....	119
TABLEAU 4.19 : Corrélations entre les cinq composantes.....	120
TABLEAU 4.20 : Taux d'acceptation (%) pour chacune des composantes pour tous les répondants confondus.....	120
TABLEAU 4.21 : Coefficient de régression en fonction du Gr1Co .....	122
TABLEAU 4.22 : Taux d'acceptation (%) des conceptions en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2 .....	124
TABLEAU 4.23 : Analyse du khi-carré, vérification de relation entre les groupes Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2 .....	126
TABLEAU 4.24 : Analyse du khi-carré entre les conceptions finaliste, interactionniste et évolutionniste selon Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2 .....	128
TABLEAU 4.25 : Tableau des réponses traduites en pourcentage (%) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co pour l'étude 2.....	129
TABLEAU 4.26 : Valeur de khi-carré en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co ..	131
TABLEAU 5.1 : Énoncés fortement rejetés par l'ensemble des répondants (%)..	137
TABLEAU 5.2 : Énoncés fortement acceptés par l'ensemble des répondants (%)	137

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACP	Analyse en composante principale
CÉR	Comité d'éthique de la recherche de l'UQAR
KMO	Test de Kaiser-Meyer-Olkin
OGM	Organisme génétiquement modifié
QA	Questionnaire d'attitudes (section du)
QcoV	Questionnaire des Connaissances du Vivant (section du)
QCpV	Questionnaire des Conceptions du Vivant (section du)
ST	Sciences et technologie

*« Qu'est-ce donc que le vivant? Si personne ne me le demande, je le sais;  
mais si on me le demande et que je veuille l'expliquer, je ne le sais plus. »*

*Inspiré d'André Pichot et de Saint-Augustin*

## RÉSUMÉ

De concert avec le développement des savoirs en biologie et des applications technologiques relatives au vivant, de nouveaux défis se présentent dans l'éducation aux sciences et technologie. En cohérence avec cet univers scientifique en mouvance rapide, les porteurs de la culture scientifique se voient confrontés à intégrer des considérations complexes tant au niveau des savoirs essentiels en biologie que lors de leur mobilisation à l'intérieur d'enjeux impliquant le vivant. D'emblée, on peut alors se poser la question si les porteurs de cette culture scientifique dans nos milieux éducatifs conçoivent adéquatement l'objet de science en question qu'est le vivant. Et quelles sont leurs attitudes face aux enjeux relatifs au vivant qui pourraient influencer, notamment, la façon d'appréhender l'un ou l'autre des sujets en classe. Et à savoir si leur formation scientifique influence leur conceptualisation du vivant et leur attitude face à des enjeux.

Insérée dans un contexte d'enseignement, cette étude interroge les enseignants et biologistes en formation, à titre d'apprenants universitaires et futurs porteurs de la culture scientifique, dont celle liée aux problématiques du vivant. Dans un premier temps, la recherche consiste, à explorer et à décrire l'état des conceptions du vivant chez ces derniers, et à estimer l'influence des connaissances en biologie sur celles-ci. Dans un deuxième temps, l'attitude d'acceptabilité et l'influence des connaissances sur cette dernière sont également explorées. Pour ce faire, l'approche descriptive et exploratoire par l'entremise d'une méthodologie quantitative est priorisée de manière à obtenir un regard général sur l'état du phénomène.

Afin de répondre aux objectifs de recherche, un nouvel instrument de mesure est développé sous le paradigme de Churchill. Cet outil de mesure, sous forme de questionnaire, démontre des indices de fiabilité et de validité adéquats. Cet instrument permet d'évaluer, chez un même individu, ses conceptions du vivant, sa maîtrise des savoirs en biologie et son attitude d'acceptabilité envers des enjeux sociobiologiques ciblés (usage de cellules souches, thérapie génique, génie génétique appliqué aux micro-organismes, dépistage prénatal et génétique, alimentation et clonage). Cette capacité à co-évaluer ces différents aspects a permis de faire l'état du phénomène à l'étude et d'estimer l'influence des connaissances en biologie sur la conceptualisation du vivant et sur l'attitude d'acceptabilité des répondants.

D'une part, la présente étude a mis en lumière un ensemble de conceptions du vivant. Par ordre d'importance, on retrouve la coexistence des conceptions finaliste-

évolutionniste, interactionniste-évolutionniste, animiste-vitaliste, déterministe comportemental et déterministe héréditaire. Parmi celles-ci, des conceptions-obstacles sont répertoriées, dont le finalisme, l'animisme, le vitalisme et le déterminisme comportemental. Par ailleurs, les principaux résultats témoignent que les connaissances en biologie ont une influence significative que sur les conceptions-obstacles, de sorte que le taux d'adhésion à ces explications diminue de façon à favoriser une conceptualisation plus contemporaine du vivant.

D'autre part, l'étude met en valeur une attitude favorable pour l'ensemble des enjeux chez une majorité des enseignants et biologistes en formation interrogés, sauf pour ceux relatifs au dépistage génétique et au clonage. Par ailleurs, les connaissances en biologie ne démontrent aucun effet sur l'attitude, hormis pour les enjeux concernant la thérapie génique et le dépistage génétique. Dans ces deux derniers cas, les connaissances en biologie, par l'entremise de la formation scientifique, favorisent une position plus « négative » ou plus « critique ».

Au terme de cette recherche, la présente étude souhaite alimenter la réflexion liée aux enseignements en sciences et technologie, notamment dans l'univers du vivant, tant dans les objectifs ou situations d'enseignement que dans la formation universitaire des enseignants et biologistes.

**MOTS-CLÉS :** attitude, conception paradigmatique du vivant, connaissance, enseignement de la biologie, épistémologie de la biologie

## INTRODUCTION

L'enseignement de la science et de la technologie est au cœur de préoccupations éducatives dont le développement de la culture scientifique des apprenants, du primaire à l'université, demeure essentiel à leur compréhension du monde contemporain et des divers enjeux sociétaux actuels, voire futurs. Pour cerner son importance grandissante, le Conseil supérieur de l'éducation (CSE, 2013) recommande une amélioration des apprentissages en sciences et technologie (ST), qui regroupent les disciplines scientifiques, dont la biologie, en plus de la chimie, la physique, l'astronomie et la géologie. En effet, les sciences biologiques sont toujours en transformation, en évolution. Entre autres, l'avènement de la génétique contribue largement, tant sur le plan conceptuel qu'appliqué, aux déploiements des savoirs, des technologies, d'enjeux et de réflexions sur le vivant (Atlan, 1999; Bernard, 2013; de Montgolfier, Bernard, dell'Angelo et Simard, 2014). La rapidité du développement de ces savoirs biologiques, des percées et les retombées technologiques trouvent écho dans les recherches en éducation aux sciences et technologie. Les divers travaux interrogent l'effet de la formation scientifique des enseignants de même que leur compréhension du vivant, leur façon de prendre en charge l'enseignement des problématiques liées au vivant et de ses enjeux en classe, de sorte que les pratiques enseignantes peuvent être orientées d'abord selon les prescrits ministériels, sous l'univers vivant, mais également par leur aisance avec les notions et concepts biologiques, leur compréhension qu'ils ont du vivant et l'importance qu'ils accordent à l'un ou l'autre des enjeux (Bernard, 2013; Castéra et Clément, 2009a, 2009b; de Montgolfier *et al.*, 2014; Monchamp, 1997; Simard, Harvey et Samson, 2013, 2014). Ainsi, le contenu, la forme et les pratiques de l'enseignement de ces savoirs et enjeux interpellent non seulement les programmes de formation, mais également les milieux de pratique. Il apparaît donc pertinent d'interroger d'abord la formation de ces futurs porteurs de la culture

scientifique en biologie dont l'objectif est de faire état de leur compréhension scientifique et conceptuelle de l'objet, qui est le vivant et ses diverses manifestations, de même que leur position face à des enjeux sociobiologiques. L'étude de ces aspects, au cœur de l'enseignement du vivant, permettra de mieux cerner la manière de concevoir le vivant ainsi que l'attitude des futurs enseignants et biologistes qui, ultérieurement, pourront orienter leur enseignement en biologie (Blackwell, Powell et Dukes, 2003; Bernard, 2013).

Dans le premier chapitre, il sera question des travaux qui interrogent les processus de construction des savoirs dans cette discipline scolaire sous des perspectives épistémologique et didactique (Albe et Venturini, 2002; Bernard, 2013; Caillot, 2001; Simard *et al.*, 2013). Tout d'abord, dans l'étude du vivant, la littérature témoigne des difficultés à définir ce qu'est le vivant et à le conceptualiser sous sa forme évolutive en reconnaissant des interrelations complexes et flexibles entre le génome et l'environnement, de sorte que l'état actuel des recherches expose d'une part, l'importance de prendre en considération l'épistémologie de la biologie, distincte dans la construction de son objet (Bronner, 2007; Clément et Forissier, 2001; Monchamp, 1997). À cet effet, l'histoire de la biologie révèle diverses conceptions du vivant qui, pour certaines, font obstacle à sa conceptualisation contemporaine. Ces conceptions-obstacles peuvent se retrouver dans les discours et contenus d'enseignement et dans le matériel didactique (Bronner, 2007; Castéra et Clément, 2009a; Simard *et al.*, 2013). Il apparaît donc pertinent de porter un premier regard quant aux conceptions existantes afin d'élaborer des séquences didactiques éclairées qui, à la fois, favoriseront une conceptualisation actuelle du vivant tout en la dissociant de conceptions-obstacles identifiées. D'autre part, les enjeux sociobiologiques gagnent en importance par leur présence grandissante dans nos sociétés et dans les prescrits curriculaires du primaire et du secondaire (de Montgolfier *et al.*, 2014; Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS], 2009, 2010, 2011), de sorte que les récentes études interrogent la

manière dont ces derniers sont pris en charge par les enseignants ainsi que l'influence d'une formation en biologie sur l'attitude des enseignants (Berkman et Plutzer, 2010; Bernard, 2013; Dawson et Schibeci, 2003; Berkman, Pecheco et Plutzer, 2008). Enfin, il apparaît qu'en situation d'enseignement, la formation scientifique joue un rôle sur la qualité des enseignements, sur la compréhension du vivant et sur l'attitude envers les enjeux relatifs au vivant (Kochkar, 2007; Monchamp, 1997; Perbal, Suzanne et Slachmuylder, 2006; Quessada, Munoz et Clément, 2007). Cet aspect influant qu'est la connaissance en biologie est donc exploré au regard de la formation universitaire par rapport à la conceptualisation du vivant et de l'attitude face à des enjeux sociobiologiques.

Le second chapitre s'articule autour des trois concepts centraux qui dérivent des questions et des hypothèses de recherche, dont le concept de conception paradigmatique. À cet effet, l'épistémologie de la biologie est revisitée et elle relate les diverses conceptions du vivant circonscrites dans le cadre de la présente étude. De plus, la biologie et la génétique sont explorées de façon à mieux cerner les connaissances actualisées en biologie dont il est question. Par la suite, le concept d'attitude est explicité et situé en contexte d'enseignement d'enjeux controversés relatifs au vivant. Enfin, une représentation schématique permet d'illustrer le positionnement de ces trois concepts explorés dans une perspective cognitive.

Le troisième chapitre traite des choix épistémologique et méthodologique. Est aussi présenté un résumé critique qui explicite le choix de la méthodologie retenue. Sous une optique exploratoire, cette recherche rend compte de l'état général du phénomène étudié. Bien que la principale limite repose sur la portée explicative des observations, l'approche quantitative favorise une vision globale de la situation. Ce regard général permet de mieux cerner les relations entre l'effet des connaissances en biologie sur les conceptions paradigmatiques et l'attitude. Pour ce faire, l'étape de la construction d'un

nouvel instrument de mesure est fondamentale de par l'inexistence d'un outil d'évaluation adapté aux concepts ciblés. Dans ce chapitre est donc explicité le processus de construction et de validation du questionnaire constitué de trois sections (trois échelles de mesure différentes), dont la première interroge les conceptions du vivant, la deuxième porte sur la maîtrise de concepts biologiques et la dernière questionne l'attitude en termes d'acceptabilité envers des enjeux relatifs au vivant qui sont abordés durant la scolarité d'un élève québécois. Enfin, les questions entourant les considérations éthiques sont également discutées.

La résultante des informations collectées par le questionnaire fait l'objet du quatrième chapitre. Sont présentées chacune des étapes de validation du questionnaire au regard des deux collectes de données. Une fois le questionnaire purifié, les analyses et l'élaboration des normes sont réalisées à partir de la deuxième collecte de données (étude 2). Les normes permettent de dresser un portrait global où les connaissances en biologie, par l'entremise de la formation universitaire, démontrent un effet majeur sur la conceptualisation du vivant, suivi d'un faible impact sur l'attitude.

Le cinquième chapitre poursuit l'analyse entamée au chapitre précédent. Un retour sur les hypothèses de recherche oriente les discussions, qui sont articulées à partir des études antérieures sur le sujet. La première partie de la discussion aborde les conceptions du vivant et les conceptions-obstacles identifiées chez les futurs enseignants et biologistes, ainsi que l'effet d'une formation scientifique sur celles-ci. Ensuite, bien que les analyses n'aient pu démontrer l'effet des conceptions du vivant sur l'attitude, cette deuxième partie de la discussion traite plutôt de l'état d'acceptabilité des enjeux présentés dans l'étude et de l'influence des connaissances pour certains d'entre eux. En somme, c'est sous la loupe de la connaissance en biologie que sont discutées les conceptions paradigmatiques et l'attitude, présentées sous la

forme d'un schéma récapitulatif. Un regard sur les limites, les retombées et les perspectives de recherche clôt ce chapitre.

## CHAPITRE I

### PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

#### **1.1 Éducation aux sciences et technologie**

L'émergence de nouvelles connaissances et leur internationalisation en lien avec les multiples applications technoscientifiques soulèvent des questions sociales, économiques, politiques et environnementales. Ces préoccupations trouvent écho dans le domaine de l'éducation, et une reconfiguration s'est opérée dans les programmes de ST qui formulent des orientations incorporant les concepts de compétences (Barma, 2007). Dans nos établissements québécois, une nouvelle organisation des contenus et des méthodologies a été mise en place dans la réforme des curricula par la création des programmes de ST du primaire et du secondaire (ministère de l'Éducation du Québec [MEQ] 2001, 2004; MELS, 2007). L'éducation en ST doit conduire l'apprenant à élargir sa vision du monde afin de mieux le comprendre, s'y adapter, voire y participer activement en tenant compte d'enjeux éthiques, sociaux, politiques, écologiques et économiques, en considérant le bien-être individuel et le vivre-ensemble dans une perspective citoyenne. Elle doit aussi favoriser le développement de la pensée critique et le pouvoir d'action. Dans les problématiques liées au vivant sous la discipline scolaire en ST, les enseignants se voient donc confrontés à l'intégration de considérations complexes relatives aux savoirs essentiels, dont ceux touchant la biologie, à leur mobilisation ainsi qu'à certains enjeux sociobiologiques.

### 1.1.1 Biologie, génétique et enjeux sociobiologiques

Les savoirs en biologie ont connu un essor considérable au cours du dernier siècle. D'ailleurs, l'une de ces importantes constituantes, la génétique, fait partie des cinq grandes innovations ayant marqué le XX<sup>e</sup> siècle et son développement se poursuit au XXI<sup>e</sup> siècle (Clément et Forissier, 2001; Ellul, 1988). Ce récent champ de développement des savoirs biologiques a bouleversé les connaissances sur le vivant et d'innombrables applications s'en sont suivies dans les domaines de la santé humaine, la médecine légale, l'étude des communautés (biodiversité), l'environnement, l'agriculture, la microbiologie et la virologie, la biologie évolutive et l'hérédité, la génétique des comportements, etc. (Anderson, Black, Prows, Tinley et Jenkins, 2000; Beebee et Rowe, 2005; Burns, Hackett et Klein, 2002; Griffiths, Wessler, Lewontin, Gelbart, Suzuki et Miller, 2006; Henderson et Maguire, 2000; Kaprio, Pulkkinen et Rose, 2002; Morange, 2005; Primrose, Twyman et Old, 2004; Séralini, 2003; Wang, Vinocur et Altman, 2003). Selon Rumelhard (1997), « la question génétique est désormais, dans le prolongement des travaux initiaux, l'un des grands piliers de tout problème biologique » (p. 24). Parallèlement à ce développement rapide des savoirs et technologies du vivant dans de nombreuses sphères de l'activité humaine, l'esprit critique et le pouvoir d'action doivent se développer (Simonneaux et Simonneaux, 2005). Dans le but d'assurer cette finalité, l'éducation en ST a comme mandat de préparer les jeunes, futurs citoyens, au Québec comme ailleurs dans le monde, à comprendre les enjeux sociobiologiques de façon à se positionner face aux décisions individuelles et collectives présentes et futures (Aikenhead, 1983; MELS, 2007). Pour ce faire, l'élève en fin de secondaire doit disposer d'un bagage de savoirs spécifiques et de stratégies afin d'être outillé adéquatement, de façon à se positionner en regard de différents aspects contenus dans ces enjeux (MELS, 2007). En ce sens, l'enseignement en ST peut s'inscrire sous une finalité démocratique qui s'établit sur une rationalité critique et le développement de compétences ralliant culture scientifique et citoyenneté (Coquidé et Vander Borgh, 1998). Dans ce cas, l'appropriation des savoirs spécifiques

en biologie et le développement des compétences relatives aux problématiques liées au vivant relèvent principalement des professionnels d'enseignement tous ordres confondus : les enseignants du primaire et du secondaire, plus spécifiquement les enseignants en ST, et les biologistes, en tant que professionnels d'enseignements disciplinaires au secondaire ou enseignants aux niveaux collégial et universitaire. Ils sont donc la pierre angulaire dans la compréhension même du vivant et de ses problématiques dans le système d'éducation. La finalité de leur enseignement disciplinaire se trouve alors dans « la construction attentive de la rationalité du futur citoyen et dans l'exercice de son esprit critique. À cet effet, il s'agit de faire en sorte qu'enseigner des savoirs biologiques ne revient pas à inculquer une croyance » (Coquidé et Vander Borgh, 1998, p. 97).

## **1.2 Épistémologie de la science**

L'épistémologie représente le « discours sur la connaissance » (Le Moigne, 1995). Ce champ d'études s'intéresse à « la manière dont les savoirs sont construits, se construisent et fonctionnent, que ce soit la construction que nous bâtissons ou la construction des savoirs que nous apprenons » (Mignon et Closset, 2004, p. 218). Selon Hofer (2004), l'épistémologie a comme spécificité collective d'étudier la pensée et les conceptions sur la nature du savoir. Les principales questions fondamentales qui concernent la légitimité de la connaissance sont : celles du quoi (Qu'est-ce que la connaissance et ses fondements?), du comment (Comment est-elle conçue? Comment est-elle acquise?) et sa validité (Comment apprécier sa valeur, sa pertinence?) (Le Moigne, 1995; Therriault, 2008). L'épistémologie explore les limites, les sources et la nature des connaissances construites par l'humain. À cet effet, nombreuses sont les études qui s'inscrivent dans une approche d'épistémologie générale ou spécifique en regard de savoirs savants des sciences auprès d'enseignants en exercice ou en

formation, ou encore auprès des apprenants (Désautels et Larochelle, 1994; Lebrun et Lenoir, 2001; Mignon et Closset, 2004; Riopel, 2005; Therriault et Harvey, 2014).

Dans une approche épistémologique générale, les études questionnent la conception de la science au sens large, tel un caractère interdisciplinaire. Sous cette perspective, la littérature exprime divers concepts ou expressions afin de questionner la pensée enseignante par rapport aux sciences. Dans la recension des écrits, différentes acceptions sont véhiculées : postures et positions épistémologiques (Désautels et Larochelle, 1994; Therriault, 2008), conceptions épistémologiques (Bader, 2001; Larochelle et Désautels, 2003), représentations sociales (Ruel, Désautels et Larochelle, 1997) et rapport au savoir (Lebrun et Lenoir, 2001). Les auteurs s'appliquent à les décrire, les caractériser, investiguer leur construction et les stratégies de changements (Hofer, 2001, 2006; Olafson et Schraw, 2006; Therriault, Harvey et Jonnaert, 2010). Désautels et Larochelle (1994) mentionnent que :

Toutes pratiques enseignantes de sciences incarnent une posture épistémologique. Celle-ci oriente, en partie, la fabrication, par les étudiants, de représentations à l'égard de la nature et de la portée sociocognitive du savoir enseigné, contribuant ainsi au développement, chez ces derniers, d'un rapport plus ou moins émancipatoire au savoir scientifique (p. 1)

Cette littérature atteste l'importance de mettre en place des conditions favorables afin que les enseignantes et les enseignants puissent réfléchir à propos de leur propre rapport au savoir scientifique, de sorte qu'ils prennent conscience de leur propre posture épistémologiques et qu'ils s'ouvrent, dans leur pratique, à d'autres postures (dites plus émancipatoires) qu'ils pourront proposer aux élèves.

### 1.2.1 Épistémologie de la biologie et obstacles

Une épistémologie spécifique associée aux différentes disciplines mettant en œuvre des processus distincts de construction de la connaissance est valorisée dans plusieurs travaux (Albe et Venturini, 2002; Bronner, 1997; Lebrun et Lenoir, 2001). Par l'entremise d'une épistémologie disciplinaire est introduite l'importance de prendre en considération l'épistémologie de la biologie, spécifique à la compréhension de son objet même qui est le « vivant » et plus précisément, les diverses « manifestations du vivant ». Mignon et Closset (2004) mentionnent que l'épistémologie de la biologie étudie « d'une part, la manière dont les biologistes bâtissent leurs connaissances (expériences, modélisations, etc.) et d'autre part, la manière dont les étudiants apprennent les savoirs propres à la biologie (représentations, conceptualisations, etc.) » (p. 218). La première dimension peut être explorée par l'entremise d'une approche historico-épistémologique de la biologie où divers paradigmes ont chapeauté, selon les époques, la conceptualisation et la construction des savoirs sur le vivant (Dupouey, 2005; Simard *et al.*, 2013). Dans la deuxième dimension, un ensemble d'études appréhende ce rapport aux savoirs propres à la biologie des enseignants (en pratique ou en formation) ou des apprenants en se référant à leur conception du vivant (Bardel, 1998; Castéra, Munoz et Clément, 2007; Giordan et de Vecchi, 2010; Simard *et al.*, 2014; Thouin, 1998, 2009). Ces études s'insèrent dans la recherche d'obstacles donnant accès aux savoirs scientifiques en se référant aux concepts suivants : idéologie (Castéra, Clément et Bruguière, 2007; Clément, 2004), conception (Castéra et Clément, 2009b; Quessada *et al.*, 2007; Munoz et Clément, 2007; Thouin, 1998), fausses conceptions (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2012; Coley et Tanner, 2012), représentation (Hrairi et Coquidé, 2002; Mignon et Closset, 2004; Monchamp, 1997) ou croyance (Bronner, 2007; Cizeron, 2009; Clément et Quessada, 2008; Hokayem et BouJaoude, 2008; Miller, Scott et Okamoto, 2006; Rumelhard, 1997). Certaines de ces études se consacrent à l'élaboration de situations didactiques par la prise en compte de ces obstacles (Abrougui et Clément, 1996;

Monchamp, 1997). Ce rapport aux savoirs biologiques, appréhendés sous différentes acceptions, en modulent leur appropriation et influencent, ultérieurement, la compréhension même du vivant, de sorte que cela peut ensuite orienter les jugements, les réflexions, les justifications, les décisions et, enfin, certaines pratiques enseignantes (Bronner, 2007; Castéra *et al.*, 2007; Clément, 2008; Clément, Quessada, Laurent et Carvalho, 2008; Gregory et Ellis, 2009; Miller *et al.*, 2006; Monchamp, 1997; Quessada *et al.*, 2007).

Un ensemble d'études, en épistémologie de la biologie, tentent d'identifier, de caractériser et d'analyser ces obstacles dans les discours et contenus d'enseignement, les outils didactiques ou dans les produits de la culture scientifique qui moduleront ultérieurement la conceptualisation du vivant (Bronner, 2007; Clément, 2004; Castéra et Clément, 2009a; Coquidé et Vander Borgh, 1998; Miller *et al.*, 2006; Rumelhard, 1997). Puisant dans l'histoire de la biologie pour définir les conceptions du vivant, les travaux témoignent d'un intérêt manifeste pour celles déterministe<sup>1</sup> et évolutionniste<sup>2</sup> chez les enseignants en exercice ou en formation et les apprenants (Atlan, 1999; Gregory et Ellis, 2009; Hrairi et Coquidé, 2002; Miller *et al.*, 2006; Venville, Gribble et Donovan, 2005). Quant aux conceptions animiste<sup>3</sup>, vitaliste<sup>4</sup>, finaliste<sup>5</sup> et interactionniste<sup>6</sup>, elles sont marginalement traitées ou discutées dans le contexte éducatif formel (Bronner, 2007; Mignon et Closset, 2004; Monchamp, 1997;

---

<sup>1</sup> Au sens strict, le déterminisme génétique signifie la capacité de prédire un caractère chez le vivant à partir de son bagage génétique (Le Moigne, 1995).

<sup>2</sup> L'évolutionnisme énonce que la vie a une ascendance commune pour toutes les espèces. Les êtres vivants ont une histoire décrite à partir de concepts de sélection naturelle (survivre et se reproduire) et comme outil, la mutation et la diversité génétique (Griffiths *et al.*, 2006).

<sup>3</sup> L'animisme précise que le vivant est l'unité (la somme) de la matière et de l'âme qui l'informe, l'âme étant le principe fondamental et explicatif du vivant (Dupouey, 2005).

<sup>4</sup> Le vitalisme se définit comme étant l'organisation du vivant où la matière est animée par un principe vital distinct (Atlan, 1999).

<sup>5</sup> Le finalisme explique les fonctions vitales du vivant en une fin. Cette conception accorde une forme d'intentionnalité aux différentes fonctions et dans l'évolution du vivant (Pichot, 1993).

<sup>6</sup> L'interactionnisme considère un certain déterminisme génétique en présence d'une influence environnementale sur l'expression des caractères (Ancet, 2004; Atlan, 1999).

Rumelhard, 1997; Thouin, 1998, 2009). À cet effet, certaines de ces conceptions font obstacle à la conceptualisation du vivant en adéquation aux savoirs actuels. Des auteurs évoquent que l'animisme, le vitalisme, le déterminisme génétique strict, le déterminisme comportemental, le finalisme et le fixisme<sup>7</sup> représentent des obstacles à une compréhension contemporaine du vivant. À titre d'exemple, les conceptions animiste et vitaliste sont susceptibles de faire obstacle à l'interprétation des phénomènes du vivant et du non-vivant (Monchamp, 1997; Thouin, 1998). De même, le finalisme et le fixisme limitent le développement adéquat des concepts relatifs à l'évolutionnisme (Blackwell *et al.*, 2003; Hokayem et Boujaoude, 2008; Perbal *et al.*, 2006). Par ailleurs, Rumelhard (2005) énonce que le paradigme du *tout génétique*, véhiculant la conception d'un déterminisme génétique sans limite, constitue un obstacle à l'appropriation de concepts biologiques actuels plus flexibles (plasticité cérébrale, épigénétique). Cette conception déterministe ne semble pas céder aisément sa place en regard du paradigme interactionniste émergent, de sorte que « les anciens paradigmes forment des obstacles aux apprentissages des nouveaux paradigmes » (Kochkar, 2007, p. 62). En somme, ces études mettent en relief la présence de conceptions du vivant qui ont marqué l'histoire de la biologie et qui contribuent ou interfèrent, à divers degrés, dans la construction d'une conceptualisation actuelle du vivant.

### **1.2.2 Obstacles et didactique de la biologie**

Dans le domaine de la didactique et au regard des travaux d'Astolfi (1992) et d'Astolfi et Peterfalvi (1993, 1997), l'identification de conceptions sur le vivant et d'obstacles pouvant entraver ou appuyer une conceptualisation contemporaine du vivant est fondamentale. Ce passage est nécessaire afin d'étudier, ultérieurement, les processus

---

<sup>7</sup> Le fixisme évoque une vision d'une nature immuable, où les espèces seraient apparues telles quelles au cours des temps géologiques (Pichot, 1993).

d'apprentissage et l'élaboration de séquences didactiques en considérant les conceptions-obstacles identifiées au profit d'une compréhension actuelle du vivant, c'est-à-dire sous sa forme évolutive et par des interactions complexes entre le génome et l'environnement (Atlan, 1999; Dupouey, 2005; Morange, 2005), de sorte qu'il sera envisageable de définir des stratégies didactiques en tenant compte de ceux-ci, tant dans les objectifs ou situations d'enseignement que dans la formation.

L'identification des obstacles à franchir et les conceptions à construire deviennent donc centrales aux enseignements du vivant. Ainsi, il est possible d'envisager de nouvelles stratégies qui puissent contribuer à la construction de modèles théoriques du vivant cohérents avec les avancées de la science. À cet effet, des travaux suggèrent que par l'explicitation de ces obstacles, par leur déconstruction, par leur confrontation aux savoirs stabilisés ou simplement par l'acquisition de connaissances en biologie, leur possible modification est envisageable (Abrougui et Clément, 1996; Astolfi et Peterfalvi, 1993; Fabre, 2013; Kochkar, 2007). Selon Bêty (2010), le changement conceptuel « est un processus d'apprentissage qui concerne le passage des conceptions initiales aux conceptions plus scientifiques » (p. 2). Pour Fabre (2013), le changement conceptuel est le passage d'une opinion vers un savoir raisonné. Ce dernier mentionne que trois dimensions (topique, énergétique et dynamique) sont à considérer dans le développement de stratégies didactiques. La dimension topique sollicite une prise de conscience de l'apprenant, à l'intérieur d'une relation pédagogique, par l'explicitation de l'obstacle pour en favoriser sa substitution. Quant à la dimension énergétique, elle exige un déplacement d'investissement, c'est-à-dire de franchir l'image par un concept, l'intuition par des équations. Enfin, la dimension dynamique sollicite une constante surveillance intellectuelle de soi, tel un retour réflexif ou une vigile. De plus, Fabre (2013) aborde le passage de l'opinion vers un savoir raisonné par une dialectique de continuité et de rupture, plutôt qu'une coupure. Mignon et Closset (2004), pour leur part, proposent la construction d'un enseignement qui s'appuie sur les représentations

initiales des apprenants et qui les aidera à se rendre compte de la limite de leur raisonnement, favorisant ainsi leur passage vers un mode de pensée scientifique de l'objet. Loin d'être négligeable, cette stratégie didactique, basée sur la réfutation rationnelle des conceptions initiales de l'apprenant, présente ses limites et doit être combinée à d'autres modalités didactiques. Astolfi et Peterfalvi (1993, 1997) indiquent que :

Différentes stratégies sont possibles, mais toutes ont à concilier une dose de souplesse adaptative qui permette aux élèves de mettre en jeu leurs propres idées et une dose de rigidité qui garantisse de ne pas perdre de vue le concept à construire (p. 103)

Or, plusieurs principes sont à considérer dans l'élaboration de séquences didactiques. D'une part, l'obstacle doit occuper une place centrale et guider la logique du dispositif, où son identification à posteriori par l'apprenant est importante, tel un regard rétrospectif et comparatif. D'autre part, il faut maintenir le cap vers une reconstruction conceptuelle précise basée sur la validité, le pensable et la mobilisation des concepts à moyen et long termes (Astolfi, 1992; Astolfi et Peterfalvi, 1993, 1997). Ces travaux s'insèrent dans le cadre théorique d' « objectif-obstacle » de Martinand (1986) en lien aux questions d'enseignement et d'apprentissage. Ce concept d'objectif-obstacle permet de déterminer les objectifs de la séquence à partir des obstacles identifiés et à franchir. En conséquence, la situation didactique est entièrement construite autour de cette idée d'obstacle, laquelle devient « un moteur pour la construction des connaissances » (Reuter, Cohen-Azria, Daunay, Delcambre et Lahanier-Reuter, 2010, p. 153).

Afin de mettre en place les bonnes conditions favorisant un enseignement centré sur les conceptions à construire et les obstacles à passer, encore faut-il que l'enseignant puisse prendre conscience de ses propres conceptions et de celles représentant des obstacles. Ce recul réflexif et cette prise de conscience favorisent la mise en place de situations d'apprentissage qui permettra de confronter les obstacles aux savoirs

actualisés en biologie, voire de les mettre à profit comme tremplin pédagogique (Mignon et Closset, 2004; Monchamp, 1997). Par ailleurs, il est mentionné que les obstacles repérés auprès des apprenants peuvent, en partie, prendre leur source dans les pratiques pédagogiques teintées de ces mêmes obstacles, propres aux enseignants (Favre et Verseils, 1997; Kochkar, 2007; Monchamp, 1997; Peterfalvi, 1997). L'enseignant serait alors le vecteur, à son insu, de conceptions-obstacles pouvant teinter par la suite ses pratiques pédagogiques et reconduire ces mêmes obstacles chez l'apprenant. En conséquence, pour susciter une rupture par la mise en place de dispositifs pédagogiques favorisant des conflits cognitifs chez l'élève, l'enseignant doit être conscient de ses propres conceptions et de celles qui représentent des obstacles afin d'être en mesure de présenter des situations d'apprentissage avec recul (Mignon et Closset, 2004; Monchamp, 1997). Dans ce contexte, l'identification d'obstacles dans la construction des savoirs biologiques chez les apprenants, d'une part, et les enseignants, d'autre part, est fondamentale (Simard *et al.*, 2013). Cette étape d'identification est donc essentielle pour ensuite définir des séquences didactiques en tenant compte des divers obstacles, et ce, tant dans les objectifs et dans les stratégies didactiques pour les apprenants que lors de la formation des enseignants (Astolfi et Peterfalvi, 1993, 1997; Peterfalvi, 1997).

### **1.3 Conceptualisations du vivant et obstacles épistémologiques historiques**

Dans cette section sont discutées les principales études qui s'articulent autour de l'identification de conceptions sur le vivant et d'obstacles épistémologiques historiques pouvant entraver ou appuyer une conceptualisation contemporaine du vivant. Ces travaux explicitent les conceptions animiste, vitaliste, finaliste, fixiste, évolutionniste, déterministe et interactionniste, dont certaines d'entre elles font obstacle à l'apprentissage de concepts biologiques (Bronner, 2007; Monchamp, 1997).

Tout d'abord, les conceptions animiste et vitaliste font entrave à la compréhension des phénomènes du vivant par la façon « d'interpréter » le vivant et du statut particulier accordé à la matière vivante comparée à la matière inerte. Elles sont donc susceptibles de perturber l'accès aux concepts biologiques fondamentaux par cette difficulté à réduire les manifestations du vivant à des lois de la matière composées de différents concepts d'hérédité, biochimiques et biophysiques (Monchamp, 1997). Thouin (1998) mentionne la présence d'évocations animistes chez l'enfant pour distinguer le vivant du non-vivant et que cette conception persiste auprès d'enseignants et futurs enseignants. Pareillement, Monchamp (1997) indique que la conception vitaliste est présente chez l'élève et peut persister dans la pensée enseignante. C'est dans cette perspective que ce dernier a entrepris une recherche participative. Se basant sur une prise de conscience progressive de ses propres obstacles à la construction de concepts biologiques par le vitaliste, l'auteur a modifié ses stratégies d'enseignement par la mise en place de nouvelles situations d'apprentissage. Il a priorisé l'obstacle vitaliste comme point de rencontre avec l'apprenant et comme point de départ des nouveaux apprentissages par leur confrontation aux savoirs actuels. De plus, il a également modifié ses justifications théoriques en favorisant l'introduction d'outils de la physique et de la chimie (interdisciplinarité) permettant de réduire le fossé qui sépare la compréhension des matières inertes et vivantes. À la suite de cette succession de changements, il a été à même de constater une réduction de la conception vitaliste chez ses élèves (âgés de 15 ans).

D'autres études appréhendant la conception finaliste associent principalement cette dernière à l'évolutionnisme. Ces travaux révèlent que, sous un discours dit « évolutionniste », les explications ou la compréhension sous-jacente se structurent selon une idée de finalité (Bronner, 2007; Coley et Tanner, 2012; Mignon et Closset, 2004; Rumelhard, 1997); il semble qu'il soit plus naturel de concevoir l'évolutionnisme sous l'angle d'une finalité, d'une intention. Cette compréhension

spontanée de l'évolutionnisme se résume en cette affirmation : « les variations génétiques rendent les individus mieux adaptés à leur environnement » (Mignon et Closset, 2004, p. 227). En d'autres mots, les individus « s'adaptent » de manière à ce que leur génotype<sup>8</sup> varie pour que le phénotype<sup>9</sup> soit plus fonctionnel, donnant ainsi une forme d'intentionnalité au développement du vivant. La notion de « hasard » des mutations semble un caractère contre-intuitif chez les répondants adultes, titulaires d'un baccalauréat (Bronner, 2007). Rumelhard (1997) porte un nouveau regard sur cette situation en suggérant que le maintien d'explications finalistes auprès d'enseignants ou d'experts (vulgarisateurs) pourrait être la conséquence du désir de susciter de l'intérêt ou de mieux se faire comprendre, quitte à demeurer dans la pensée commune<sup>10</sup>. Enfin, Bronner (2007) souligne une forme « d'attraction » pour le finalisme pour des raisons idéologiques ou pour éviter un « coût cognitif » trop important, car l'évolutionnisme comporte des notions qui demandent un effort certain de la pensée par ses niveaux d'abstraction. Sous une autre perspective, cette forme d'attraction pour la conception finaliste est aussi expliquée par la voie de la psychologie cognitive. Coley et Tanner (2012) proposent des fausses conceptions communément retrouvées dans le développement cognitif de la « pensée biologique » (*biology thinking*) des apprenants en référence à la théorie *cognitive construal*. Les auteurs définissent cette théorie comme étant une voie informelle et intuitive pour réfléchir sur le monde, telle une prédisposition à un type de raisonnement (traduction libre<sup>11</sup>). Ils

---

<sup>8</sup> « Ensemble des caractères somatiques ou psychologiques qu'un individu ou une espèce reçoit par transmission héréditaire et qui sont véhiculés par les gènes » (TLFi).

<sup>9</sup> « Ensemble des caractères observables, apparents, d'un individu, d'un organisme dus aux facteurs héréditaires (génotype) et aux modifications apportées par le milieu environnant » (TLFi).

<sup>10</sup> La pensée commune est définie selon Rumelhard (1997) comme étant des explications « qui apportent des réponses rassurantes aux questions de la vie » (p. 13). L'enseignement scientifique jouerait un rôle en favorisant le passage de la pensée commune vers la pensée scientifique établie sur les savoirs les plus actuels et constituant la culture scientifique contemporaine. Selon l'auteur, ceci ne se fait pas sans obstacles, la connaissance scientifique ayant un caractère polémique, car elle peut s'opposer aux pseudo-explications relevant de conceptions métaphysiques, morales, religieuses et politiques.

<sup>11</sup> « A cognitive construal is an informal, intuitive way of thinking about the world. It might be a set of assumptions, a type of explanation, or a predisposition to a particular type of reasoning » (p. 210).

exposent trois catégories, dont celle de la pensée téléologique (*teleological thinking*) qui introduit l'idée d'une intention, d'une finalité. À titre d'exemple, la pensée téléologique (conception finaliste) se retrouve sous les affirmations suivantes : « Les oiseaux ont des ailes parce qu'ils doivent voler » ou « Les plantes libèrent de l'oxygène, car les animaux en ont besoin pour survivre » (p. 210). Ces quelques exemples se retrouvent auprès d'enseignants du primaire et du secondaire, d'apprenants ainsi que dans le grand public (Coley et Tanner, 2012). Les origines et le maintien d'explications finalistes sont expliqués selon divers points de vue. D'une part, des explications finalistes peuvent être étroitement liées au besoin de répondre à la question « Pourquoi? », ce qui orienterait fortement vers des explications causales. D'autre part, Kelemen (1999) stipule que chez l'adulte, la pensée téléologique est une composante centrale de sa pensée quotidienne. Selon l'auteur, un individu fait régulièrement des postulats téléologiques (des intentions) où les actions sont dirigées vers certains buts (par exemple : Elle pratique un sport constant pour vivre plus longtemps). Il suggère donc que cette pensée est importante dans l'interprétation intuitive des adultes pour expliquer les événements qui arrivent ou ceux anticipés. Étendue au domaine de la biologie, la pensée téléologique s'avère inappropriée et, selon les cognitivistes, fait obstacle au développement de la pensée scientifique en biologie de l'apprenant, empêchant une compréhension adéquate de l'évolutionnisme (Coley et Tanner, 2012).

Les études menées sur la conception fixiste font fréquemment référence au créationnisme par l'entremise du concept temporel de l'apparition de la vie. Le fixisme, dont il est question dans certaines des études, arbore donc des couleurs plutôt idéologiques ou religieuses. De plus, cette conception est généralement mise en tension avec l'acceptation de l'évolutionnisme (Blackwell *et al.*, 2003; Perbal *et al.*, 2006). En effet, l'adhésion à une religion motiverait la compréhension fixiste du vivant, l'opposant à l'évolutionnisme. Perbal *et al.* (2006) suggèrent, d'une part, que les convictions religieuses en fonction des confessions des étudiants (du secondaire,

supérieur non-universitaire et universitaire) modulent l'acceptation de la conception fixiste. D'autre part, le degré d'instruction ou le nombre d'années d'étude influence le rejet de cette dernière. Blackwell *et al.* (2003) ajoutent à cet effet deux aspects problématiques aux États-Unis qui favorisent la conception fixiste dans la compréhension du vivant des apprenants. L'un relève de leurs préconceptions construites soit par des enseignements religieux spécifiques, par le contexte social, par les conceptions de l'enseignant et de leur formation insuffisante en biologie, ou encore par le statut accordé à la théorie de l'évolution (par exemple : c'est juste une théorie, une simple hypothèse, une idée, etc.). Le second aspect évoque le manque d'informations ou les approches utilisées par l'enseignant. Concernant ce dernier aspect, Blackwell *et al.* (2003) mentionnent qu'avec la connaissance du système de conceptions de l'apprenant, mise au jour à l'aide d'un questionnaire *evolution test*, l'enseignant peut élaborer et mettre en œuvre, de façon éclairée et ciblée, des dispositions pédagogiques en questionnant ces conceptions. La mise de l'avant des préconceptions, par le débat, par exemple, semble rendre l'apprenant plus réceptif, par la suite, aux concepts évolutionnistes enseignés. Cette approche peut alors favoriser l'incorporation de la conception évolutionniste, à divers degrés, dans le système de conceptions du vivant de l'apprenant (Blackwell *et al.*, 2003; Perbal *et al.*, 2006).

Par ailleurs, l'acceptation de l'évolutionnisme ne signifie pas forcément sa « bonne compréhension ». Comme mentionné plus haut, le finalisme peut faire obstacle aux différents concepts évolutionnistes. Bronner (2007) a réalisé une étude sur la compréhension de l'évolutionnisme auprès de répondants adultes, titulaires d'un baccalauréat. Il a proposé un scénario évolutif où les participants sont invités à expliquer les concepts sous-jacents. Selon un critère d'évocation simple, les résultats illustrent que les solutions orientées par la conception finaliste sont largement évoquées, soit à 43,3 % des évocations globales chez 72 % des répondants. Quant aux solutions évolutionnistes, elles s'avèrent être moins spontanément utilisées, soit à

12,6 % des évocations globales auprès de 27 % des répondants. En contrepartie, sur un critère de crédibilité relative, les solutions darwiniennes s'imposent comme étant les plus probantes en tant que scénario dominant et éclipsent les explications finalistes et interactionnistes. Selon Bronner (2007), il serait plus « naturel » et fréquent d'utiliser la conception finaliste, où les mutations tendent vers une fin, car la notion de hasard est contre-intuitive et abstraite. Par ailleurs, Perbal *et al.* (2006) précisent que même à la suite d'un cours sur l'évolution, une mauvaise compréhension demeure quant aux concepts de « variation » et « d'adaptation », où les variations sont conditionnelles à l'environnement et où l'adaptation est une réponse aux « besoins » de l'organisme, de sorte que l'environnement jouerait plutôt un rôle instructif et non sélectif, tel que retrouvé dans la conception transformiste<sup>12</sup> (concepts lamarckiens). Dans ce cas, l'évolutionnisme relèverait alors d'un effort intrinsèque de l'individu pour mieux s'adapter à son environnement, ne sollicitant alors que l'organisme individuel (Loison, 2009). Cela s'oppose à l'évolutionnisme moderne qui porte un regard sur les variations aléatoires en considérant un groupe d'organismes en tant qu'entité, introduisant ainsi d'autres niveaux hiérarchiques du vivant et non pas l'individu seul (Loison, 2009).

Les travaux explorant les conceptions déterministes et interactionnistes s'inscrivent plutôt dans un changement de paradigme, c'est-à-dire de l'ère du « tout-génétique » vers un modèle plus flexible qui considère des interactions entre le génome et son environnement. Ces travaux mettent en question l'adhésion à la conception déterministe relativement à une conception plus flexible de l'apport des gènes sur un organisme, et ce, en fonction de l'appropriation de connaissances actualisées en biologie. La conception déterministe chez les enseignants, biologistes et apprenants,

---

<sup>12</sup> Le transformisme explique le mouvement et la transformation du vivant. La théorie de Lamarck révèle une pensée de causalité, relente d'une conception finaliste, où les variations individuelles sont un « effet » dont l'environnement est la « cause ». Elle n'explique donc la transformation des espèces qu'à l'échelle individuelle en faisant abstraction de toute réflexion populationnelle (Loison, 2008, 2009). La conception transformiste a permis d'introduire les notions de temps et d'histoire dans l'étude du vivant qui découlent de concepts observables et dynamiques (Dupouey, 2005).

voire sa présence dans les programmes et manuels scolaires, est largement investiguée par les travaux de Clément (Castéra *et al.*, 2007; Clément, 1998, 2004 et 2008; Clément et Forissier, 2001). Abrougui et Clément (1996) précisent que la conception déterministe peut faire obstacle aux concepts d'hérédité et de génétique. Cette conception se retrouve chez les élèves (10 ans) qui adhèrent à un déterminisme associant les traits comportementaux aux apparences physiques d'un individu. Par ailleurs, Clément et Forissier (2001) ont mis en lumière l'importance encore accordée au modèle déterministe dans la compréhension du vivant des futurs enseignants en biologie. Les auteurs ont évalué leur compréhension sous-jacente aux concepts génétiques des phénotypes en les invitant à réaliser un schéma explicatif à cet effet.

Trois modèles, où les conceptions déterministe et interactionniste se côtoient de façon parfois hasardeuse, ont émergé. Un tiers des futurs enseignants arbore une conception déterministe (modèle causal). Le second tiers a élaboré un schéma engendré par les conceptions déterministe et interactionniste, mais sans démontrer d'interactions entre elles (modèle additif). Quant au dernier tiers, il présente une meilleure compréhension par l'esquisse d'un modèle interactif entre le génome et son environnement (interactionnisme). Ces résultats sont préoccupants quant aux dispositifs didactiques mis en place par ces futurs enseignants de biologie. En effet, pour les deux tiers d'entre eux, les résultats révèlent la présence de la conception déterministe, obstacle à une compréhension plus complexe du vivant avec son environnement.

En somme, ces études se concentrent généralement sur une seule dimension à la fois et sur l'évolution d'un seul type de changement, de sorte que ceci réduit le phénomène, alors qu'une conception ou un regroupement de conceptions peut évoluer par rapport à d'autres (Crahay, Wanlin, Issaieva et Laduron, 2010). Néanmoins, quelques-unes d'entre elles se distinguent par la mise en valeur de changement entre deux dimensions, par exemple entre le fixisme et l'évolutionnisme (Perbal *et al.*, 2006), entre le finalisme

et l'évolutionnisme (Bronner, 2007), entre le déterminisme héréditaire et comportemental (Abrougui et Clément, 1996) ou encore entre le déterminisme génétique et l'interactionnisme (Clément et Forissier, 2001). Ainsi, les conceptions mobilisées par les futurs enseignants et biologistes pourraient présenter des structures plus complexes par la présence d'un amalgame de conceptions qui évolueraient ou interagiraient entre elles.

Au regard des conceptions et des obstacles exposés précédemment, un premier questionnement s'impose. Dans une perspective descriptive : Quelles sont les conceptions existant chez les futurs enseignants et biologistes, futurs porteurs des savoirs et compétences liés à la conceptualisation et aux problématiques du vivant en milieu académique? Retrouve-t-on, à des degrés divers, les différentes formes de conceptions sur le vivant? Comment se structurent ces conceptions? Observe-t-on la présence de conceptions-obstacles?

### **1.3.1 Effets des connaissances sur les conceptions du vivant**

Tout d'abord, des travaux mentionnent que le fait d'explicitement une conception et de la confronter à des connaissances issues de recherches empiriques pourrait conduire à sa modification en la remplaçant par des connaissances (Abrougui et Clément, 1996; Doudin, Pons, Martin et Lafortune, 2003; Fortin, 2008). La malléabilité des conceptions sur le vivant semble être possible à travers l'amélioration des connaissances disciplinaires, soutenue par l'appropriation de lois ou concepts génétiques sous-jacents à l'explicitation du vivant. Ainsi, l'appropriation de connaissances en biologie semble intervenir dans la modification de conceptions du vivant, dont l'évolutionnisme, le fixisme, le vitalisme et le déterminisme génétique qui sont abordés dans cette section.

L'évolutionnisme est, de loin, la conception la plus étudiée en référence aux savoirs scientifiques admis. Une étude d'ampleur internationale illustre l'état de la conception évolutionniste par les taux d'acceptation de la théorie de l'évolution (Miller *et al.*, 2006). Les résultats s'avèrent bien différents entre les pays. Cette enquête comparative réalisée auprès de 32 pays invite la population adulte à se positionner face à l'affirmation suivante : « les êtres humains tels que nous les connaissons se sont développés à partir d'animaux antérieurs » (Miller *et al.*, 2006). Ce sondage a été corrélé avec les études de Quessada *et al.* (2007) sur la conception spontanée d'enseignants du primaire et du secondaire dans 19 pays d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. À titre d'exemple, l'enquête de Miller *et al.* (2006) révèle l'acceptation de cet énoncé de, respectivement, 55 % et 93 % chez les adultes américains et français. En Ontario, Gregory et Ellis (2009) ont estimé que 70 % des étudiants gradués de sciences (Collège) acceptent la théorie de l'évolution. Les travaux de Miller *et al.* (2006), de Quessada *et al.* (2007) et de Gregory et Ellis (2009) expriment une corrélation positive entre l'acceptation de la théorie de l'évolution et le niveau d'instruction en biologie, et ce, au sein de chaque pays. En somme, plus grande est la compréhension des concepts et des lois qui régissent le vivant par l'appropriation d'une culture scientifique en biologie, plus acceptée est la théorie de l'évolution. De plus, des équipes européennes se sont aussi intéressées aux taux d'acceptation du créationnisme et de l'évolutionnisme (Clément *et al.*, 2008; Quessada *et al.*, 2007). Les résultats révèlent également qu'une meilleure formation des enseignants par l'appropriation de concepts fondamentaux du vivant modifie les conceptions par une plus grande acceptation de l'évolutionnisme au détriment de convictions créationnistes, qui sous-entend la conception fixiste. Les conclusions de ces études abondent dans le même sens : l'évolutionnisme est d'autant plus accepté que la compréhension des concepts et des lois régissant le vivant est grande et positivement corrélée avec le niveau d'instruction des enseignants, toutes formations confondues.

Perbal *et al.* (2006) ont réalisé une étude descriptive à large déploiement sur l'état de l'acceptation de la théorie de l'évolution chez les étudiants bruxellois (du secondaire et universitaire). La conception fixiste du vivant (dérive du créationnisme) met en tension les croyances religieuses et l'évolutionnisme. Selon le niveau d'éducation et la confession du répondant, le fixisme se voit modifié. À cet effet, le niveau d'instruction a un effet positif sur l'acceptation de l'évolutionnisme.

L'étude participative de Monchamp (1997) est un autre exemple quant à l'apport de la connaissance en biologie sur la conceptualisation du vivant. En effet, l'auteur met en lumière l'importance d'une prise de conscience de son propre obstacle vitaliste et de l'effet des connaissances sur celui-ci. Il précise que la remise en cause de sa conception vitaliste est le résultat de ses études universitaires en biochimie et en génétique sur l'énergie (thermodynamique appliquée à la biologie), et de ses lectures en épistémologie de la biologie. L'auteur témoigne également de l'impact de l'ensemble de ces connaissances sur ses propres enseignements du vivant et sur la conceptualisation subséquente du vivant chez ses élèves. Ainsi, une modification s'est opérée par le changement d'une conception vitaliste par un modèle plus matérialiste du vivant.

Par ailleurs, Abrougui et Clément (1996) suggèrent qu'en introduisant le concept d'hérédité, suivi d'une activité pédagogique, ils sont à même de susciter un conflit cognitif significatif chez l'apprenant (10 ans), où la coexistence d'un déterminisme comportemental dit « socioculturel » (intelligent, calme, méchant, sportif et riche) et phénotypique (taille, poids, couleur de peau et couleur des cheveux) se dissocie de façon notoire. En effet, chez le groupe d'élèves ayant participé au nouveau dispositif pédagogique élaboré par les auteurs, l'adhésion à un déterminisme comportemental s'est estompée. Ainsi, l'appropriation de concepts en génétique héréditaire consolidée par une activité pédagogique opère une modification des conceptions déterministes.

Inversement, sans tenir compte de l'obstacle, la conception déterministe a un effet sur l'appropriation des connaissances en biologie (Castéra et Clément, 2009a). Ces auteurs ont comparé des groupes d'enseignants finlandais et français de différents ordres d'enseignement. En référence au PISA (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) de 2003, les Finlandais démontrent une meilleure performance en sciences. Toutefois, ils s'identifient davantage à la conception déterministe dans leur compréhension du vivant, conception qui n'est pourtant pas en adéquation avec les savoirs actualisés en biologie. Qui plus est, les enseignants finlandais en biologie s'avèrent être plus déterministes que leurs pairs. Par l'observation des plans de cours et des textes de références, Castéra et Clément (2009a) suggèrent que l'enseignement même de la biologie serait porteur de cette conception-obstacle. Ainsi, celle-ci semble enracinée dans les outils pédagogiques et chez les enseignants. Cette situation expose à la fois la présence d'un obstacle didactique (outils) et d'un obstacle épistémologique (conception de l'enseignant) qui, à leur insu, transpose cet obstacle dans leurs pratiques d'enseignement. Dans ce cas, le déterminisme entrave une conceptualisation actuelle du vivant reconnaissant des interrelations complexes et flexibles entre le génome et son environnement (conception interactionnisme). Par ailleurs, Kochkar (2007) a mis en évidence qu'un enseignement de la plasticité et l'épigénèse cérébrales suscitent une modification significative de la conception déterministe, mais à certaines conditions. Cette étude révèle qu'une formation préalable en biologie des apprenants, comme retrouvée chez les enseignants et futurs enseignants en ST, est favorable, et même va de pair avec un changement de la conception déterministe. Par contre, les lycéens et les futurs enseignants d'autres ordres d'enseignement s'approprient ces concepts proposés sans toutefois modifier de façon significative leur système de conception.

À la suite de ces constats, il est pertinent de s'interroger sur l'influence des connaissances actualisées en biologie sur les conceptions du vivant. Les connaissances influencent-elles chacune des conceptions? Y a-t-il des conceptions qui résistent ou

persistent malgré l'acquisition de connaissances relatives au vivant? Peut-on établir des liens entre la modification de certaines conceptions et l'acquisition de connaissances en biologie? Les futurs enseignants et biologistes, distincts par leur formation et leur somme de connaissances et compétences disciplinaires (biologie), présentent-ils une même conceptualisation du vivant?

#### **1.4 Attitude aux enjeux relatifs au vivant**

Dans une ère où les enjeux touchant le vivant et sa manipulation sont socialement vifs<sup>13</sup>, nombreuses sont les préoccupations quant à la capacité d'un citoyen de les comprendre, de s'y adapter, voire d'y participer. En résonance avec son époque, cette réalité trouve écho dans le monde de l'éducation. Il importe alors de favoriser une compréhension de ces enjeux et de donner les outils nécessaires aux élèves, futurs citoyens, pour qu'ils puissent s'y engager de façon intelligible, critique et éthique. Force est de constater que les enjeux relatifs au vivant et les savoirs qui lui sont rattachés ne sont pas totalement « neutres » par les questions éthiques et sociétales, et les débats qu'ils suscitent (Bernard, de Montgolfier, Simard et dell'Angelo-Sauvage, 2013; de Montgolfier *et al.*, 2014).

En didactique, « l'intention des individus a un impact direct sur leur comportement, en l'occurrence sur les pratiques didactiques mises en œuvre. L'intention dépend de leur attitude » (Albe et Simonneaux, 2002, p. 131). L'attitude peut influencer ou teinter des choix et comportements puisqu'une attitude favorable prédispose la personne à adopter

---

<sup>13</sup> Albe et Simonneaux (2002) mentionnent que les questions scientifiques peuvent être socialement vives parce qu'elles « suscitent des débats dans la production des savoirs savants de référence; elles sont vives dans la société et provoquent des débats auxquels les acteurs de la situation didactique, élèves et enseignants, ne peuvent échapper tant elles sont prégnantes dans leur environnement social et médiatique » (p. 132). Selon Simonneaux et Simonneaux (2005), les questions scientifiques sont vives « parce qu'en classe, les enseignants se sentent souvent démunis pour les aborder » (p. 3).

des comportements conséquents, en soutien à l'objet d'attitude, tandis qu'une attitude en défaveur de l'objet engage cette dernière à agir de manière à s'y opposer (Pelletier, 2007). Certaines études considèrent l'attitude en termes « d'acceptabilité », telle une prise de position sur une échelle de mesure bipolaire (Klop et Severiens, 2007; Sturgis, Cooper et Fine-Schaw, 2005). L'attitude se réfère à un construit hypothétique qui prédispose un individu à évaluer un objet d'une manière favorable ou défavorable. Les recherches portant sur les attitudes d'élèves ou d'enseignants vis-à-vis des biotechnologies adoptent généralement cette définition. Nombreux sont les facteurs pouvant influencer cette dernière. Dawson et Schibeci (2003) ont mis en valeur l'importance de la nature de l'objet auprès des étudiants suisses (15 ans). Les auteurs suggèrent que, de façon décroissante, l'attitude la plus favorable est à l'égard des applications technologiques sur les micro-organismes (>90 % acceptent), les plantes (71-82 %), les humains (42-45 %) et enfin les animaux (34-40 %). La principale raison d'acceptation de ces applications technologiques concerne les bénéfices pour l'humanité. De plus, les technologies sont davantage acceptées lorsqu'elles sont appliquées en médecine comparativement à leurs applications alimentaires (Klop et Severiens, 2007; Siegrist, 2000; Sjöberg, 2004).

#### **1.4.1 Effets des connaissances sur l'attitude**

Discutée par nombres d'auteurs, l'adoption d'une attitude plus favorable ou plus critique face aux enjeux relatifs au vivant est corrélée avec la qualité de la formation scientifique donnant accès à une compréhension des concepts et des enjeux (Dawson et Schibeci, 2003; Jallinoja et Aro, 2000; Klop et Severiens, 2007; Lindhal, 2008; Pardo, Midden et Miller, 2002). Ainsi, entre la réflexion et l'agir semble se dégager une mise en réseau de connaissances et d'attitudes interagissant de façon à moduler une prise de position qui précède une pratique, telle une prédisposition à un comportement (Abrougui et Clément, 1996; Allum, Strurgis, Tabourazi et Brunton-

Smith, 2008; Clément, 2004; Vinatier et Altet, 2008). À cet effet, Sturgis *et al.* (2005) évoquent le rôle déterminant des connaissances scientifiques disciplinaires sur l'attitude dans un domaine spécifique, comme la biotechnologie. Les auteurs ont évalué les connaissances en biologie auprès de la population et ils ont interrogé leur attitude face aux technologies relatives au vivant. Les résultats suggèrent que plus le bagage de connaissances en biologie est substantiel, plus l'attitude des individus est favorable aux technologies du vivant. Berkman et Plutzer (2010) et Berkman *et al.* (2008) exposent l'influence que peuvent avoir les connaissances en biologie sur les décisions et les instructions d'un enseignant. Les auteurs discutent de différentes études menées auprès d'enseignants du secondaire en biologie qui possèdent divers degrés d'appropriation de connaissances sur l'évolution du vivant. Par l'intermédiaire de la formation, l'appropriation d'un ensemble de connaissances du vivant influence vraisemblablement l'attitude des enseignants (Dawson et Schibeci, 2003). Les enseignants ayant un bagage significatif en biologie semblent être plus à l'aise d'aborder l'évolution en classe. Le temps consacré à la matière, l'habileté à l'expliquer par des démonstrations conceptuelles plus sophistiquées et la diversité des interactions pédagogiques appuient bien cette constatation. Contrairement à cela, les confrères moins à l'aise avec ces savoirs réserveront moins de temps à l'enseignement de l'évolution, délaissant même certains aspects importants.

Dans l'enseignement des problématiques de sciences et technologie relatives au vivant prescrites par le MELS (2006, 2009, 2011), des savoirs socialement vifs seront abordés, dont l'évolution, la biodiversité, la consommation et la transformation du vivant, l'impact de l'Homme sur l'environnement, l'empreinte écologique, l'écotoxicologie, les biotechnologies (la fécondation *in vitro*, le génie génétique, les OGM, le clonage, la biodégradation des polluants, la culture cellulaire, etc.) (MELS; 2007). Il importe donc de connaître l'attitude face aux divers enjeux des futurs porteurs de la culture scientifique en biologie, c'est-à-dire les futurs enseignants et biologistes. Ces derniers,

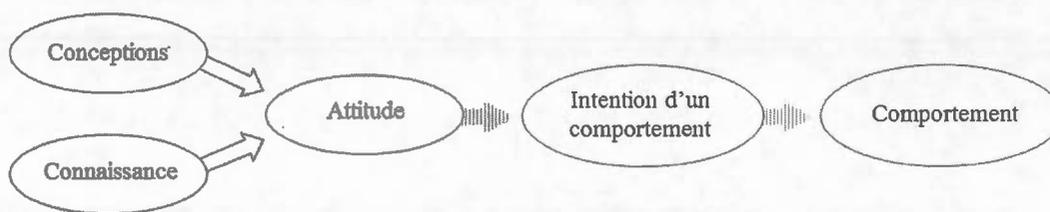
au cœur de situations éducatives, seront appelés à faire des choix, à planifier et à reconduire l'apprenant dans ses apprentissages entourant ces enjeux. Ainsi, par une apparente impartialité, est-ce que les futurs enseignants et biologistes adoptent une attitude négative, neutre ou positive face à ces enjeux relatifs au vivant? Est-ce que l'attitude de ces derniers peut être influencée par leur bagage de connaissances en biologie?

### **1.5 Interrelation entre les conceptions, l'attitude et les connaissances**

À ce point de la problématique, il a été discuté, d'une part, qu'un individu peut adhérer à diverses conceptions du vivant et qui peuvent être modifiées par l'apport d'une culture scientifique en biologie. D'autre part, qu'une attitude envers des enjeux impliquant le vivant peut également être modulée par le bagage de connaissances en biologie, de sorte que dans le milieu de l'enseignement des savoirs essentiels et d'enjeux liés aux problématiques du vivant, ces dimensions pourront avoir des répercussions sur les choix et sur la pratique enseignante. Cette dernière section propose donc l'exploration de deux modèles cognitifs qui disposent, en interrelation, des trois dimensions explorées dans cette étude et qui sont composées des conceptions, de l'attitude et des connaissances relatifs au vivant.

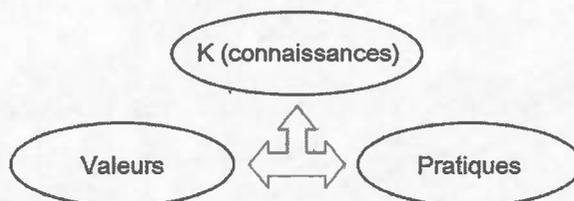
Ainsi, deux modèles cognitifs sont proposés dans la recension des écrits afin d'explorer l'interrelation entre les conceptions, l'attitude et le bagage de connaissances en biologie. Le premier modèle, proposé par Fishbein et Ajzen en 1975, « postule que les intentions d'un individu ont un effet sur leur comportement et, en l'occurrence, sur les pratiques didactiques mises en œuvre » (Albe et Simonneaux, 2002, p. 131). Selon ce modèle présenté à la figure 1.1, une attitude précise et le comportement peuvent être fortement liés. Leur théorie d'action raisonnée énonce, comme dans un rapport de cause à effet, que les conceptions individuelles peuvent influencer l'attitude (positive ou

négative) qui, à son tour, agit sur l'intention d'un comportement à adopter (Armitage et Conner, 2001). De même, la somme de connaissances de l'objet traité peut influencer l'amplitude d'une attitude (Berkman et Plutzer, 2010; Sturgis *et al.*, 2005).



**Figure 1.1** Modèle structural linéaire inspiré de la théorie de l'action raisonnée de Fishbein et Ajzen (1975)

Le second modèle, nommé K-V-P par Clément (2004) et présenté à la figure 1.2, propose de mettre en interrelation les connaissances (K), les valeurs (V) et les pratiques (P). Le pôle K symbolise les connaissances scientifiques (*knowledge*). Cependant, l'incorporation individuelle de connaissances s'opère en fonction de deux pôles, P et V. Le pôle P évoque l'usage de ces connaissances dans les pratiques tant professionnelles, personnelles que sociales. Le pôle V représente l'importance accordée aux connaissances par le système propre de valeurs qui fonde le jugement et retrouvée dans les opinions, les idéologies, les conceptions, les positions philosophiques, morales ou éthiques. Selon Castéra et Clément (2009b), les enjeux actuels reposent sur les interactions entre les connaissances et les valeurs relatives aux pratiques sociales.



**Figure 1.2** Modèle interactionnel K-V-P (Clément, 2004).

Au regard de ces modèles linéaires ou interrelationnels, un dernier questionnement s'impose. De quelle façon l'une et l'autre des composantes s'influencent-elles mutuellement? Est-ce que les connaissances en biologie des futurs enseignants et biologistes vont modifier les conceptions du vivant et l'attitude de ces derniers?

En guise de conclusion pour la partie de la problématique, l'histoire de la biologie convergera avec la didactique de la biologie par l'intermédiaire d'une compréhension du vivant exprimé sous forme de conceptions paradigmatiques. Les conceptions et les connaissances actualisées en biologie sont croisées afin d'estimer, d'une part, l'effet des connaissances sur le profil de conceptions d'un futur enseignant et, d'autre part, sur l'attitude face à des enjeux actuellement discutés dans les différents niveaux d'enseignement. Les limites de mesure actuelles ne permettant pas d'interroger l'ensemble de ces conceptions et leur possible coévolution dans un contexte global, la création d'un nouvel instrument de mesure est donc inévitable. Ainsi, cette étude souhaite contribuer à l'élaboration d'une mesure opérationnelle quantitative des conceptions sur le vivant, des connaissances en biologie et de l'attitude favorisant un regard global sur l'état du phénomène.

### **1.6 Questions de recherche**

Les questions générales de recherche s'énoncent ainsi : Quelles sont les conceptions sur le vivant de futurs enseignants et biologistes et l'influence que peuvent avoir les connaissances en biologie sur celles-ci? Quelle est l'influence des connaissances actualisées en biologie sur l'attitude des futurs enseignants et biologistes face à des enjeux sociobiologiques?

### **1.7 Hypothèses de recherche**

La première hypothèse indique qu'il existe un ensemble de conceptions philosophiques du vivant retrouvées dans l'épistémologie de la biologie et qui, encore aujourd'hui, peuvent perdurer. Cette hypothèse formule qu'une dizaine de conceptions paradigmatiques du vivant pourraient coexister chez les futurs enseignants et biologistes et se regrouper sous forme de grands ensembles conceptuels du vivant. La deuxième hypothèse énonce que la structure multidimensionnelle des conceptions du vivant pourrait se modifier avec une meilleure compréhension des concepts fondamentaux expliquant le vivant (connaissances actualisées en biologie). Enfin, la dernière hypothèse stipule que les connaissances pourraient influencer l'attitude des futurs enseignants et biologistes envers certaines problématiques liées au vivant. Sans prétendre investiguer toute la complexité et les contingences du phénomène, ce projet souhaite contribuer à une meilleure compréhension par l'exploration de l'interrelation conceptions-connaissances-attitudes.

## CHAPITRE II

### CADRE CONCEPTUEL

*« La biologie contemporaine, lue d'une certaine manière, est, en quelque sorte, une philosophie de la vie »*

*G. Canguilhem, Le vivant et son concept*

Le chapitre qui précède a permis de circonscrire l'espace de recherche qui met en perspective trois dimensions pouvant ultérieurement influencer une prise de position chez les futurs enseignants et biologistes, ainsi que leur pratique dans le cadre de l'enseignement en sciences et technologie (ST). Ces trois dimensions sont constituées des conceptions paradigmatiques du vivant, des connaissances actualisées en biologie et d'attitudes envers les enjeux relatifs au vivant. Trois concepts centraux émanent de cette étude, dont l'épistémologie de la biologie, la connaissance et l'attitude, et sont discutés dans ce présent chapitre. De plus, sont exposés les concepts sous-jacents adoptés spécifiquement dans le cadre de cette recherche, tels que la conception paradigmatique, l'obstacle épistémologique historique, les connaissances actualisées en biologie et l'attitude d'acceptabilité. Enfin, la pratique enseignante et la notion de « prise de position » sont abordées afin de mieux situer les deux modèles synergiques mettant en relation les conceptions paradigmatiques, les connaissances actualisées et l'attitude.

#### **2.1 Histoire de la biologie, conception paradigmatique et obstacle épistémologique**

L'approche historico-épistémologique s'est avérée un préalable nécessaire afin d'entreprendre la présente étude basée, en partie, sur la recension des écrits en philosophie de la biologie. La prochaine section expose les différents paradigmes qui

ont structuré la construction des connaissances en biologie. En effet, l'histoire de la biologie est composée d'un ensemble de conceptions paradigmatiques qui ont chapeauté, sur des périodes données, la construction des savoirs scientifiques sur le vivant. Elle témoigne des multiples compréhensions du vivant qui, selon les époques, reposent sur la contribution de la matière inerte, de l'immatériel, du temps et, aujourd'hui, de sa génétique et des relations avec son environnement. Chacune de ces conceptions a dominé sur une période de temps significative et a fait l'objet de modèles biologiques, de notions ou de théories, de sorte que le vivant se présente sous une forme historique, d'où l'importance de considérer l'épistémologie de la biologie. Toutefois, sa nature, elle, est expliquée par des dimensions actuelles, c'est-à-dire sous sa forme évolutive et par des interactions complexes entre le génome et l'environnement (Atlan, 1999; Morange, 2005).

### 2.1.1 Biologie et génétique

Afin de mieux définir ce qui est entendu par les sciences biologiques, la biologie et la génétique sont discutées. Le terme « biologie » est formé de deux mots de racine grecque, soit *bios* qui désigne la vie, et *logos* qui signifie science (Campbell et Reece, 2004). Selon le Trésor de la langue française informatisé<sup>14</sup> [TLFi], la biologie est définie comme la science de la vie, l'étude des êtres vivants. Chercher à définir la nature du vivant, c'est non pas définir ce qui est vivant, mais ce que c'est que « d'être vivant ». La biologie désigne donc aujourd'hui « l'ensemble des disciplines qui œuvrent dans la connaissance rationnelle des phénomènes vivants » (Dupouey, 2005, p. 10). Les sciences biologiques envisagent ainsi les divers phénomènes et formes de vie (animaux, végétaux et micro-organismes), les conditions et les lois qui régissent

---

<sup>14</sup> <<http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>>

leur existence en rapport avec leur environnement (*Encyclopaedia Universalis*<sup>15</sup>). La vie, expression utilisée par moment comme un synonyme d'être vivant ou organisme vivant, se définit selon le Parlement et le Conseil de l'Union européenne (1994) comme étant : « une matière biologique [...] toute matière contenant une information génétique, autoreproductible ou reproductible dans un système biologique » (p. 65). L'étude de l'information génétique, élément fondamental de la vie et qui en régit les lois, relève de la génétique. La génétique est définie comme étant l'étude de tous les phénomènes relatifs aux gènes, à l'ensemble des gènes (d'un organisme, d'une espèce) et de leurs effets (TLFi).

Par ces définitions, cette recherche doctorale porte sur les connaissances en biologie, science du vivant qui, aujourd'hui, est définie en partie par sa génétique, source de divers développements technologiques dénombrés, pour la plupart, dans les enjeux sociobiologiques auxquels nos sociétés sont confrontées (Clément et Forissier, 2001; Ellul, 1988).

### **2.1.2 Concept de paradigme et conception paradigmatique**

Afin de mieux cerner les conceptions paradigmatiques dans l'épistémologie de la biologie, le concept de paradigme est développé. Ensuite, chacune des conceptions paradigmatiques circonscrites est exposée.

#### **2.1.2.1 Paradigme et conception paradigmatique**

En épistémologie de la biologie, de nombreuses conceptions biologiques ont chapeauté les différents paradigmes qui ont contribué, selon les époques, à la construction des savoirs sur le vivant. Le paradigme fait référence à une communauté « porteuse »

---

<sup>15</sup> <<http://www.universalis-edu.com/>>

d'objectifs, de présupposés, de valeurs, de croyances, de savoirs communs qui deviennent des normes pour une discipline donnée et qui la définissent par une approche semblable de la réalité (Kuhn, 1972). Sous cette posture, ce dernier fait référence à une science normale comme étant une « recherche fermement accréditée par une ou plusieurs découvertes passées, découvertes que tel groupe scientifique considère comme suffisantes pour fournir le point de départ d'autres travaux » (Kuhn, 1972, p. 25). La science normale est donc une :

Activité au sein de laquelle les scientifiques passent inévitablement presque tout leur temps, est fondée sur la présomption que le groupe scientifique sait comment est constitué le monde. Une grande partie du succès de l'entreprise dépend de la volonté qu'a le groupe de défendre cette supposition, au prix de grands efforts s'il le faut (Kuhn, 1972, p. 20)

Pour former un paradigme, qui est une « unité fondamentale pour celui qui étudie le développement scientifique » (p. 26), Kuhn propose deux caractéristiques essentielles :

Leurs découvertes étaient suffisamment remarquables pour soustraire un groupe cohérent d'adeptes à d'autres formes d'activité scientifique concurrentes; d'autre part, elles ouvraient des perspectives suffisamment vastes pour fournir à ce nouveau groupe de chercheurs toutes sortes de problèmes à résoudre (Kuhn, 1972, p. 25-26)

Selon Legendre (2005), le paradigme se définit comme étant un :

Ensemble de croyances, de valeurs reconnues et de techniques qui sont communes aux membres d'un groupe donné. Une école de pensée dans un domaine de savoirs et d'activités qui partage un ensemble cohérent de conceptions fondamentales, d'orientations, de valeurs et de façons de faire au regard de certains phénomènes (p. 982)

Toujours selon Legendre (2005), le paradigme spécifique se définit comme un :

Ensemble d'énoncés ayant fonction de prémices, présentant une vision globale d'un domaine, facilitant la communication, l'évolution et la créativité, situant en contexte l'étude des phénomènes concernés, guidant l'élaboration des théories et suggérant les pratiques appropriées (p. 981)

telle une matrice intellectuelle disciplinaire. Levy (1994) parle d'un « construit idéologique » qui « donne au groupe (ou discipline) la possibilité d'identifier, de structurer, d'interpréter et de solutionner des problèmes disciplinaires définis et particuliers » (p. 94). Groupe scientifique particulier où les membres « ont puisé les bases de leurs connaissances dans les mêmes modèles concrets » (p. 26) et soumis aux mêmes règles et normes dans leur pratique scientifique (Kuhn, 1972). Le paradigme disciplinaire construit donc une certaine vision qui, par conséquent, induit un « monde » dans lequel « un ensemble d'idées, de conceptions, qui forment un cadre de pensée à l'intérieur duquel on pense, on imagine et on planifie des expérimentations, on interprète les résultats, on élabore des théories » (Altan, 1999, p. 11; Fourez, 2003).

Quant à la conception paradigmatique, elle s'associe à un paradigme spécifique qui regroupe un ensemble de concepts, d'explications et de savoirs communs qui façonnent une conceptualisation particulière du vivant à une période historique donnée. Canguilhem (1967) et Pichot (1993) stipulent que l'histoire de la biologie est en effet marquée de diverses conceptions de la vie. Quant à Giordan et de Vecchi (2010), ils mentionnent que les conceptions sont liées à un système cognitif, telle une structure d'accueil. Les auteurs définissent une conception « comme un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives » et qu'elle « traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles » (p. 128). Pichot (1993, p. 8) présente ces diverses conceptions du vivant en utilisant, tel des synonymes, les expressions « conception paradigmatique », « conception historique » et « conception biologique », également utilisées dans la présente étude.

### **2.1.2.2 Conception**

Pour des raisons de clarté, l'usage du terme « conception » est préféré à celui de « représentation », où Giordan et de Vecchi (2010) « ont pointé l'ambiguïté du terme « représentation », largement lié au fait que de nombreuses disciplines y font appel »

(Reuter *et al.*, 2010, p. 198). En relation avec le contexte cognitif d'un apprenant, Abrougui et Clément (1996) utilisent le terme conception comme étant l'univers mental d'un élève. Thouin (2009) renvoie aussi à des contenus mentaux où une conception est définie comme un mode de « raisonnement organisé, qui présente une certaine pertinence dans l'explication de plusieurs phénomènes naturels, ce qui explique qu'elle persiste souvent à l'âge adulte et qu'elle résiste à l'enseignement des sciences » (p. 149).

La présente étude se réfère aux « conceptions paradigmatiques » du vivant chez le répondant. En épistémologie de la biologie, le terme « conception paradigmatique » est utilisé et fait référence aux différents courants philosophiques et scientifiques (Pichot, 1993). Les conceptions paradigmatiques sont liées à la construction des connaissances dans l'histoire de la biologie. Dans cette étude, le terme « conception » est toujours associé implicitement à un paradigme (conception paradigmatique) évoquant un ensemble organisé d'explications du vivant spécifiques à une conception. Certaines des conceptions, qui ont façonné l'histoire de la biologie, ne sont plus en adéquation avec les connaissances actualisées. De par leur présence dans la pensée, elles deviennent des obstacles épistémologiques historiques.

### **2.1.3 Concept d'obstacle**

Une façon d'aborder l'état des conceptions des futurs enseignants et biologistes est de se questionner sur les éléments qui pourraient s'opposer à la conceptualisation du vivant en adéquation aux connaissances actualisées en biologie, tels des obstacles. Selon Bachelard (1967),

C'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. [...] c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. C'est là que nous montrerons des causes de stagnation et même de

régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques (p. 13)

Brousseau (1989) a établi une typologie d'obstacles rencontrés, dont ceux ontogénique, didactique et épistémologique. L'obstacle ontogénique se réfère au développement psychogénétique de l'Homme, c'est-à-dire aux modèles spontanés liés au développement « normal » d'un individu. L'obstacle didactique relève de conséquences artificiellement créées par des décisions didactiques, donc inhérent au processus d'enseignement (Brousseau, 1989). Quant aux obstacles épistémologiques, ils « sont ceux auxquels on ne peut ni ne doit échapper, du fait même de son rôle constitutif dans la connaissance visée. On peut les retrouver dans l'histoire des concepts eux-mêmes » (Legendre 2005, p. 965). De façon plus précise, dans le cadre de cette étude, l'obstacle épistémologique est intimement lié au développement historique des connaissances où « la connaissance en cause a joué un rôle dans le développement historique d'un concept » qui est le « vivant » ou les différentes manifestations du vivant (Berthelot et Salin, 1996, p. 417). Bachelard (1967) mentionne que « Cette notion d'obstacle épistémologique peut être étudiée dans le développement historique de la pensée scientifique et dans la pratique de l'éducation » (p. 17).

En continuité avec Bachelard, Canguilhem (1967) reconduit une réflexion épistémologique historique en lien avec la philosophie des sciences et des connaissances relatives aux concepts de *vie* et du *vivant*. Il réactualise la notion d'obstacles épistémologiques qui ont jalonné l'histoire des sciences biologiques et la construction des connaissances. Il explicite la présence d'obstacles, dont ceux retrouvés à l'intérieur de conceptions finalistes, mécanistes, ou encore vitalistes de la vie et du vivant.

Legendre (2005) définit l'obstacle comme étant un « engagement conceptuel épistémologique d'un sujet envers un phénomène scientifique, susceptible de

compromettre l'apprentissage de conceptions admises par la communauté scientifique » (p. 965). L'obstacle épistémologique caractérise la rupture entre la pensée commune et la pensée scientifique. La pensée commune est définie comme étant « des explications qui apportent des réponses rassurantes aux questions de la vie » (Rumelhard, 1997, p. 13). Ces explications peuvent relever du « bon sens », mais demeurent des obstacles à dépasser (Le Bas, 2005). L'enseignement scientifique jouerait un rôle en favorisant le passage de la pensée commune vers la pensée scientifique établie sur les savoirs les plus actuels et constituant la culture scientifique contemporaine. Cela n'est pas sans difficulté dans la mesure où la connaissance scientifique a un caractère polémique, car elle peut s'opposer aux pseudo-explications (Rumelhard, 1997). Quant à Le Bas (2005), il énonce que l'obstacle épistémologique doit être interprété comme étant un :

Effet d'un système explicatif, qui entrave le développement d'une pensée rationnelle. [...] L'obstacle renvoie ainsi indirectement au savoir à construire; il représente une difficulté objective par rapport à la construction de ce savoir et rend nécessaire un changement de paradigme (p. 51)

### **2.1.3.1 Obstacle épistémologique historique**

Les obstacles épistémologiques historiques dont il est question dans la présente étude, se définissent selon Brousseau (1989) comme étant :

Historiquement attestés et participent à la signification des notions auxquelles ils se rapportent. Parmi ces derniers, certains sont encore d'actualité et ne doivent pas être ignorés par l'enseignant (obstacles épistémologiques inévitables) (p. 277)

L'étude présente décrit et explore un ensemble de conceptions paradigmatiques qui, selon la typologie de Brousseau (1989), sont des obstacles épistémologiques historiques. Mais dans un contexte d'enseignement, ils pourraient se retrouver dans la pratique enseignante, et ainsi devenir également des obstacles didactiques (Kochkar, 2007).

### 2.1.4 Conceptions paradigmatiques relatives à la compréhension du vivant

L'épistémologie de la biologie témoigne du nombre de conceptions paradigmatiques qui, selon les époques, ont pu influencer différemment la compréhension du vivant et de ses manifestations. L'histoire de la biologie repose surtout sur des changements successifs de la conception du vivant en fonction de l'implication de la matière inerte (réaction physico-chimique), de la vision temporelle et historique du vivant (Campbell et Mathieu, 1995). Bien que la plupart des conceptions qui ont marqué l'histoire de la biologie soient réfutées, certaines peuvent persister malgré l'avancée des savoirs scientifiques. À cet effet, l'épistémologie de la biologie a été revisitée et un ensemble de conceptions, qui a marqué l'histoire de la biologie, a été circonscrit, dont le finalisme, l'animisme, le mécanisme, le vitalisme, le fixisme, le transformisme, l'évolutionnisme, le réductionnisme, le déterminisme et l'interactionnisme.

#### 2.1.4.1 Épistémologie de la biologie

Les questionnements sur le vivant débutent avec l'existence de la pensée rationnelle et s'amorcent avec les penseurs présocratiques du VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ. Toujours d'actualité, selon Morange (2005), il n'y a pas qu'un seul type d'explications pour rendre compte des phénomènes observés dans cette science du vivant, ce qui explique que certaines conceptions ont coexisté ou se sont croisées sur une même période. Plusieurs auteurs ont contribué à l'élaboration du cadre conceptuel, notamment les suivants : Dupouey (2005) avec son ouvrage *Épistémologie de la biologie : La connaissance du vivant*, Canguilhem (1967) avec *La connaissance de la vie*, Atlan (1999) avec *La fin du « tout-génétique »? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, Pichot (1993) avec *Histoire de la notion de vie*, et Morange (2005) avec son article *Quelle place pour l'épigénétique?*

*L'animisme aristotélicien.* Aristote (384-322 av. J.-C.) introduit la biologie comme « la science de corps animés ». Cette conception occupera la pensée biologique jusqu'au début de la Renaissance (XV<sup>e</sup> siècle). Ainsi, l'animal est pourvu d'une âme, privilège accordé à tout être vivant, l'âme étant le principe fondamental et explicatif du vivant. Le mot « âme », de racine grecque *anima*, signifie le souffle vital, conception qui exclut toute connotation spirituelle. Contrairement à son maître Platon, qui soutient que l'âme est une réalité distincte du corps, Aristote prétend et défend plutôt que l'âme en est la forme. La conception animiste précise que le vivant est l'unité (la somme) de la matière et de l'âme qui l'informe. Ainsi, l'âme n'est pas, à elle seule, le vivant qui vient se loger dans une matière inerte. Elle n'a aucune existence indépendante du corps et dans la mort, l'âme ne survit pas à la destruction de l'organisme (Dupouey, 2005).

*Le finalisme.* De façon générale, le finalisme se définit comme le caractère de ce qui a un but et permet d'expliquer les fonctions vitales du vivant en une fin, à l'intérieur d'un projet. Cette conception accorde donc une intentionnalité aux différentes fonctions vitales et dans l'évolution du vivant (Atlan, 1999). Le finalisme explique donc les fonctions vitales du vivant par sa fin supposée qui, toutefois, n'empêche pas l'implication de lois qui régissent la matière (le matérialisme) (Canguilhem, 1967). Selon Pichot (1993), le finalisme modéré d'Aristote est « lié à la notion de forme, cause formelle et cause finale (l'âme étant la forme) » (p. 131). Le finalisme sous Galien (129-200 apr. J.-C.) est défini en son sens le plus strict du type *organe-fonction*, qui se vulgarise au point de devenir une sorte d'idéologie plus qu'une philosophie. Pour Aristote où :

La nature ne fait rien en vain, devient chez Galien l'affirmation d'une providence divine particulièrement astucieuse et bienveillante (la nature ou le Créateur, selon ses propres mots) a fait l'être vivant de sorte qu'il est doté d'organes adaptés à réaliser telle ou telle fonction (*ibid.*, p. 131)

*Le mécanisme.* Cette conception du vivant le définit comme étant soumis aux mêmes règles naturelles que la matière inerte (Canguilhem, 1967). Dans l'époque Antique, ce courant épistémologique est évoqué par les atomistes matérialistes, dont Leucippe et Démocrite au V<sup>e</sup> siècle av. J.-C., Épicure (341-270 av. J.-C.) et Lucrèce (94-55 av. J.-C.). Ainsi, les atomes ne sont pas vivants; le vivant, composé d'atomes, ne peut être que dépourvu de vie. Le mécanisme strict est-il suffisant pour comprendre le vivant? C'est en 1628 que William Harvey découvre la circulation sanguine, fonctionnement vasculaire assuré par un système de pression, de débits et de volumes. Ce retour au paradigme mécaniste est défini, par certains, comme une doctrine de l'univers où tout est régi par les lois du mouvement qui s'appliquent au monde physique. Descartes (1596-1650) développe le concept « d'animaux-machines » où le fonctionnement du corps et l'organisation de ses organes se comparent au mécanisme d'une horloge. Pour Descartes, la biologie ne semble être qu'un appendice de la physique. Il s'oppose à tous les niveaux d'âme, vestige de l'animisme aristotélicien. Alors qu'Aristote animait tout d'une âme, Descartes quant à lui mécanise le monde en faisant disparaître la notion d'une vie métaphysique (Dupouey, 2005). Cette période est donc marquée par la mécanisation de l'animal. Toutefois, Descartes ne renonce pas à l'énoncé de vie. Il considère que le cœur, organe corporel et source de chaleur, est le siège de la vie de tout être vivant. Ainsi, la vie est naturellement donnée aux animaux également. Cependant, d'un point de vue chrétien, il reconnaît que seul l'Homme possède une âme spirituelle qui n'assume aucune fonction biologique. Ce statut voue l'Homme à être maître et possesseur de la nature. La subordination des animaux, par leur vide spirituel et leur incapacité à tenir un discours, demeurera une conception durable dans le temps. Le rapport entre l'humain et les animaux entretenu dans nos civilisations scientifiques et techniques en découlerait (Dupouey, 2005). Base des sciences modernes, il y a, dans ce courant épistémologique, les prémices de la biologie moléculaire (réductionnisme) où les phénomènes biologiques sont régis par l'action mécanique de structures à découvrir.

*Le vitalisme.* Pour contrer cette mécanisation de la vie, tel un retour du balancier, le vitalisme fait appel à une action extérieure afin de redonner à la vie sa spécificité lui permettant de se dégager du mécanisme. Présent à la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, le vitalisme dominera jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle (Pichot, 1993). Le vitalisme, dont Bichat (1771-1802) est l'un de ses représentants notoires, conçoit la vie comme une matière animée par un principe vital distinct, tel un complément « d'organisation » qui, s'ajoutant à la matière, est la seule à répondre et à lutter contre les lois physico-chimiques (Atlan, 1999). Dans l'environnement où la matière tend vers un désordre croissant, cette organisation permet de maintenir sa structure dans l'univers et lui confère également la capacité de se créer, de se fabriquer (cicatrisation, régénération). Cette force organisatrice, fondement unificateur et stabilisateur, permet de résister à une destruction interne. Ainsi, la vie consiste en des combats successifs du principe vital contre les forces extérieures où la santé et la maladie traduisent les fluctuations entre ces rapports de force. La mort, ultime combat, exprime la victoire des forces externes désorganisatrices (Dupouey, 2005). Bichat, sous réserve d'une mesure précise, expose une échelle de degré de vitalité selon l'enfant, l'adulte et le vieillard, de sorte que la matière ne perd jamais de ses qualités physiques, mais perd de ses qualités vitales (Pichot, 1993). En effet, selon l'auteur,

Ce n'est pas une théorie très homogène et aussi construite que l'animisme; il y a plusieurs sortes de vitalismes, mais tous s'accordent à attribuer à l'être vivant un principe qui lutte contre les lois physiques, lesquelles sont considérées comme contraires à la vie (p. 525)

Ainsi, l'animal composé de matière inerte prend vie par un principe particulier à la vie, immatériel (Dupouey, 2005).

Avec le développement de la chimie organique et de la thermodynamique, les biologistes du XIX<sup>e</sup> siècle abandonnent l'idée qu'il existe un principe vital, voire la « vie » si elle désigne une entité cachée, divine, obscure. Par ailleurs, amorcé au siècle précédent, c'est au XVIII<sup>e</sup> siècle que les philosophes et scientifiques accentuent leur

séparation. Et c'est au XIX<sup>e</sup> siècle que leur indépendance sera presque totale (Pichot, 1993). De nature métaphysique et élaboré par la voie de la philosophique, le vitalisme décline sous la critique d'une science empirique et expérimentale (Pichot, 1993). Cependant, le vitalisme, qui répondait aux limites du mécanisme, n'en demeure pas moins important dans la contribution du développement d'une science biologique autonome face à la physique et à la chimie (Dupouey, 2005).

*Le fixisme.* Conception adoptée par Linné (1707-1778) et qui se prolonge chez Cuvier (1769-1832), le fixisme correspond à la vision d'une nature qui reste immuable, où les espèces seraient apparues telles quelles au cours des temps géologiques et n'auraient subi aucune évolution depuis leur création. Le fixisme s'insère dans les recherches poursuivies sur les structures et l'organisation du vivant qui étaient d'ordre observable au sein de la matière organique (Dupouey, 2005). Ce qui distingue la conception fixiste du créationnisme peut se confondre, car ces conceptions recouvrent une même conception du déroulement temporel de la vie sur Terre. Toutefois, le créationnisme est considéré comme un dogme, un objet de foi qui n'entretient aucun lien avec la science. À l'opposé, le fixisme soutient plutôt, par des observations scientifiques de la nature, que le monde vivant est stable, où chaque espèce a été créée dans son état actuel, n'impliquant ni transformation ni dérive. Sous ce paradigme du vivant, Linné rejette donc la conception transformiste qui explique le mouvement et la transformation du vivant (Dupouey, 2005). Entre 1809 et 1859, la conception fixiste a coexisté avec l'idée d'une transformation de l'espèce évoquée par Lamarck et ensuite, par Darwin (Pichot, 1993).

*Le transformisme de Lamarck.* Comme énoncé par le biochimiste François Jacob (né en 1920), ce qu'une époque parvient à connaître est déterminé par ce qu'elle se représente comme pensable et comme possible (Dupouey, 2005). À juste titre, c'est sous une France sainte et impériale que la conception fixiste domine et où les

conceptions évolutionnistes du biologiste-naturaliste Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) sont fortement critiquées. La théorie de Lamarck révèle une pensée de causalité, relent d'une conception finaliste, où les variations individuelles sont un *effet* dont l'environnement est la *cause*. L'évolutionnisme Lamarckien n'explique donc la transformation des espèces qu'à l'échelle individuelle en faisant abstraction de toute réflexion populationnelle (Loison, 2008, 2009). La transformation d'un organisme s'opère lors de la rencontre de deux forces : l'une interne qui tend à se développer et qui se heurte à l'autre externe (milieu de vie), qui est sa limite et qui lui donne, par la même occasion, les conditions pour agir. De cette confrontation des forces (interne et externe) émerge la diversité du vivant. Ces modifications passent à la génération suivante par hérédité (Dupouey, 2005). Le transformisme a permis d'introduire les notions de temps et d'histoire dans l'étude du vivant qui découlent de concepts observables et dynamiques. Ces considérations créent une rupture avec les conceptions épistémologiques antérieures sur la nature de la vie (Campbell et Reece, 2004; Dupouey, 2005).

*L'évolutionnisme.* Charles Darwin évoque, pour les biologistes, la naissance de la science moderne du vivant. On assiste à une rupture épistémologique qui demeurera jusqu'à aujourd'hui. Cependant, ce n'est qu'un demi-siècle plus tard, à la lumière de la génétique et des connaissances de la présence de mutations, que le sens et la portée de l'évolutionnisme darwinien se révèlent. L'évolutionnisme, proposé initialement par Darwin (1809-1882), énonce que la vie possède une ascendance commune pour toutes les espèces. Les êtres vivants ont une histoire décrite à partir du concept de sélection naturelle (survivre et se reproduire) et comme outils, les mutations et la diversité génétique. La génétique inscrit tangiblement le potentiel adaptatif et la diversité dont une espèce est dotée et détermine comment les mutations aléatoires viennent l'enrichir sous la pression de la sélection naturelle (Campbell et Reece, 2004; Dupouey, 2005; Griffiths *et al.*, 2006). L'évolutionnisme moderne est donc la conséquence d'un

processus naturel de sélection qui favorise la reproduction des organismes les mieux adaptés (Bronner, 2007). La complexité de la théorie évolutive repose principalement sur les différents niveaux hiérarchiques du vivant qui se superposent, allant de l'organisme individuel à celui de la population et, enfin, de l'espèce. L'évolutionnisme représente les racines conceptuelles de la biologie actuelle (Perbal *et al.*, 2006).

#### **2.1.4.2 Épistémologie de la biologie sous l'ère de la génétique**

La génétique est une science qui étudie les concepts d'hérédité et de variations, dont les premières lois ont été dégagées par Mendel en 1865 (Griffiths *et al.*, 2006). Le biologiste Monod (1910-1976) a suggéré que l'ADN est le point de départ des réactions nécessaires à la vie des cellules, donc à la vie. D'ailleurs, la recherche en biologie moléculaire et médicale a connu une révolution au milieu des années 1970 avec le développement de la manipulation des gènes. Dès lors, les études et les avancées sur la transformation du vivant et sur le génome ont donné un nouvel essor aux sciences de la vie et à leurs possibles applications. Ces études et leurs retombées transforment le visage des sciences contemporaines, multiplient les réflexions éthiques, sociétales et se questionnent sur les rapports entre sciences et société (Atlan, 1999; Bonneuil et Thomas, 2009). L'ère de la génétique n'est cependant pas un ensemble homogène de conceptions du vivant. Il est nécessaire de distinguer les conceptions réductionniste, déterministe et interactionniste du vivant.

*Le réductionnisme.* Cette ère de la génétique s'inscrit, au départ, sous la conception réductionniste et est initiée par les lois de Mendel, qui proposent une simplification et une explication du vivant à travers ses gènes. Le vivant se définit alors par son bagage génétique qui, lui-même, est régi par les lois de l'hérédité. Ce bagage génétique donne alors une explication mécanique du développement du vivant (Ancet, 2004; Campbell et Reece, 2004). Cette conception tente d'expliquer la vie par l'élaboration de règles héréditaire dont le support est l'ADN (Ancet, 2004; Campbell et Mathieu, 1995).

*Le déterminisme.* Énoncé par Descartes, le déterminisme s'exprime sous forme de causalité : chaque effet de la réalité est produit par quelque cause initiale qu'il est possible de déterminer en remontant la chaîne des causes (Le Moigne, 1995). Au sens strict, le déterminisme génétique signifie la capacité de prédire un caractère chez le vivant à partir de son bagage génétique, la cause étant le gène et le caractère exprimé étant l'effet causé. Ce déterminisme génétique a répondu à nombre d'espoirs communément rencontrés dans nos sociétés. Cette conception est rassurante et sécurisante quant à la capacité de la médecine d'aujourd'hui à œuvrer à la base du vivant pour prévenir la maladie ou, du moins, la guérir par l'application d'une modification génétique. Cette avenue épistémologique ne considère aucunement l'effet de l'environnement sur le vivant. Pourtant, le vivant ne peut vivre dans un environnement « neutre » dans lequel ce dernier évolue depuis quelques milliards d'années, en supportant l'idée que tout n'est dirigé que par les gènes (Ancet, 2004).

Le biologiste Commoner (2002) réfute les conceptions réductionniste et déterministe du vivant qui stipulent qu'un gène équivaut à une protéine et que le passage de l'un à l'autre est régi par des procédures mécaniques élémentaires et prédictives. Le décryptage du génome contredit cette théorie, car un même gène exprime plus d'une protéine. Selon l'auteur, cela représente l'échec de la biologie moléculaire.

*L'interactionnisme.* L'interactionnisme considère que l'expression des caractères est le résultat combiné de la génétique et de l'influence environnementale. Cette conception tente de combler la brèche entre l'inné (ADN) et l'acquis, où l'environnement est essentiel pour qu'il y ait une activation ou inhibition des gènes (Ancet, 2004). L'interaction va plus loin et introduit les concepts d'épigénétique et de plasticité cérébrale, moteur de cette rupture épistémologique émergente (Morange, 2005). La question controversée est d'identifier dans quelle mesure le vivant est préprogrammé génétiquement ou plutôt façonné par son milieu de vie. Cette vision plus complexe sur

les notions d'interactions entre le génome et l'environnement est de plus en plus discutée (Atlan, 1999; Castéra *et al.*, 2007; Clément, 2004). Soutenue par les connaissances actualisées en biologie, une rupture épistémologique semble se dessiner avec le paradigme déterministe retrouvé sous la bannière du « tout-génétique ».

## 2.2 La connaissance

La connaissance peut se définir comme une croyance vraie et justifiée (King et Kitchener, 1994; Southerland, Sinatra et Matthews, 2001; Thiberghien et Abdi, 2002). Depuis l'époque présocratique jusqu'aux années 1970, les théories de la connaissance ont toujours répondu aux critères de « vérité », ou de prédiction, et de justification. Une définition plus élaborée désigne la connaissance comme un :

Rapport de la pensée à la réalité extérieure et engage la notion de vérité comme adéquation de l'esprit et de la chose. Par extension, la connaissance désigne un contenu de la pensée qui correspond à la nature de la chose visée et s'oppose à erreur ou illusion. Ses caractères sont l'universalité et la nécessité, ce qui suppose de réfléchir sur la méthode propre à nous faire parvenir à la connaissance. Elle diffère de l'opinion dans la mesure où elle est une opinion vraie, « accompagnée de raison » (Platon) (*Encyclopaedia Universalis*)

La connaissance est évaluée en fonction du concept de « vérité », ou plutôt par sa capacité de prédire, qui rend compte des composantes et des relations d'un phénomène de la réalité (Legendre, 2005). Par la démarche scientifique, elle doit être justifiée (confirmée ou vérifiée) par une mise à l'épreuve répondant aux critères de certitude relatifs à un objet précis et validée par une méthode ou encore, être infirmée et corroborée par elle ou d'autres théories (Schmid, 1998). Par l'arrivée du courant constructiviste dans les années 1970, Von Glasersfeld (1991) a élaboré une théorie de la connaissance qui tente de remplacer la vérité philosophique par le concept de viabilité. Par analogie avec la théorie de l'évolution, le concept de viabilité stipule qu'une connaissance est viable lorsqu'elle répond aux objectifs, qu'elle est utile et pertinente dans la mesure où elle résiste à l'épreuve et permet d'émettre des prédictions,

de provoquer ou d'éviter des phénomènes (Jonnaert, Masciotra et Von Glasersfeld, 2004; Laroche et Désautels, 2003).

### 2.2.1 La connaissance scientifique

Tout d'abord, dans une pratique scientifique, « l'observation et l'expérience doivent réduire impitoyablement l'éventail des croyances scientifiques admissibles, autrement, il n'y aurait pas de science » (Kuhn, 1972, p. 19). Pichot (1991) qualifie la science comme étant un mode de connaissance ayant une double fonction, soit d'explication et d'action. Elle cherche à « expliquer le monde et veut agir sur lui; et l'explication ne vaudra, très largement, qu'en ce qu'elle permet d'élaborer une action efficace » (p. 11). La méthode ou l'esprit scientifique, qui teinte l'activité scientifique, « résulte du choix de la démarche et de la méthode qu'elle suppose » (Callon et Latour, 1991, p. 12). Kuhn met en exergue des aspects explicites et tacites de l'activité scientifique, c'est-à-dire l'influence fondamentale de la méthode, du savoir-faire et des instruments sur la connaissance; la théorie n'étant que la partie visible (Callon et Latour, 1991).

La science se définit donc comme un ensemble de « recherches, moyens d'investigation reposant sur l'étude empirique d'objets, d'événements et de phénomènes en vue de les connaître et de les expliquer » (Legendre, 2005, p. 1210). Ainsi, c'est un ensemble de méthodes d'investigation appliquées aux objets ou phénomènes, employées à acquérir de nouvelles connaissances. Crahay *et al.* (2010) définissent la connaissance comme étant :

Un accord entre les esprits – un accord intersubjectif – fondé sur un ensemble de preuves ou d'arguments qui permettent de justifier la validité de la (ou des) proposition(s) retenue(s) ou, au moins, sa (ou leur) plus grande vraisemblance par rapport à d'autres conceptions relatives au même objet ou au même phénomène (p. 86)

La connaissance dite scientifique se définit comme une connaissance exacte, objective et rationnelle de phénomènes et de l'ordre dans lequel elle s'insère (origines, causes à effets, relations, conditions d'existence, etc.) (Legendre, 2005). Bachelard (1934) énonce que la science s'oppose à l'opinion. « L'opinion *pense* mal ; elle ne *pense* pas : elle *traduit* des besoins en connaissances ! En désignant les objets par leur utilité, elle s'interdit de les connaître » (p. 14). Bachelard évoque que :

L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement. Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce *sens du problème* qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit (p. 14)

Afin qu'il y ait science, donc production de connaissances scientifiques, celles-ci doivent répondre aux critères de certitude relatifs à l'objet en question et être validées par une méthode. Ces critères de certitude se réfèrent au raisonnement et à l'expérimentation (Legendre, 2005). « Portées par l'humain à un haut niveau de systématisation, de rigueur méthodologique, de contrôle et d'organisation, les stratégies de connaissance deviennent méthode scientifique » (Goyette et Lessard-Hébert, 1987, p. 14). À cet égard, le concept de connaissance introduit ce à quoi doit répondre le statut de connaissance scientifique, soit aux épreuves de démonstration et d'expérimentation. Les connaissances scientifiques répondent de vérités empiriques jusqu'à preuve du contraire (Besnier, 2005; Legendre, 2005; Southerland *et al.*, 2001). Ces dernières relèvent de la confrontation de représentations hypothétiques avec des observables, l'expérimentation étant, chaque fois qu'elle est possible, la démarche privilégiée (Thiberghien et Abdi, 2002).

### 2.2.2 La connaissance et le savoir scientifique

Sous l'angle du sujet connaissant, la connaissance diffère du savoir. Le savoir se définit comme un ensemble de connaissances systématiques, construit au cours de l'histoire.

Le savoir désigne donc un :

Ensemble logique, exact, dynamique et structuré en domaines particuliers et interdépendants de connaissances objectives issues de l'investigation systématique de la réalité selon les méthodes rigoureuses qui lui sont propres (Legendre, 2005, p. 1210)

Qualifié parfois de savoir officiel ou scientifique, cet ensemble de savoirs intègre différents concepts et de systèmes explicatifs qui permettent à l'Homme de comprendre la nature et d'agir sur celle-ci (Mignon et Closset, 2004). Se référant aux définitions du savoir, l'ensemble des connaissances systémiques produites formera éventuellement un savoir structuré en des domaines particuliers socialement reconnus, tels des « savoirs codifiés ». Ainsi, la connaissance peut se définir par certains auteurs comme étant « une construction résultante d'un processus de recherche et d'investigation » (Lavergne, 2002, p. 4). La connaissance peut également être désignée comme des « faits, informations, notions, principes qu'on acquiert grâce à l'étude, à l'observation et/ou à l'expérience » (Legendre, 2005, p. 274). Selon ce point de vue, la connaissance est indissociable du sujet connaissant. Le sujet intériorise un savoir, se l'approprie, l'intègre à ses acquis, de sorte que le savoir se transforme en connaissance, tel un patrimoine cognitif qui s'adapte selon les situations rencontrées (Jonnaert et Vander Borgh, 1999). La connaissance a donc un caractère actif, car le sujet connaissant doit soutirer de lui-même ce qu'il connaît (Janson, 1981).

La définition du savoir retenue dans cette recherche se réfère à l'ensemble des savoirs codifiés relatifs aux données, aux concepts, à des méthodes ou procédures qui existent hors du sujet connaissant et répondant à des critères de justification et de validité. Alors

que la connaissance est, selon le sujet connaissant, l'appropriation du savoir par son intériorisation et de sa reconstruction en connaissance.

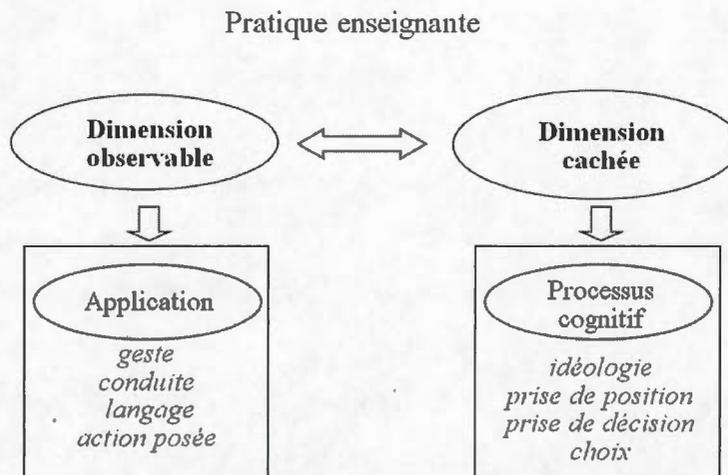
### **2.2.3 La connaissance scientifique actualisée en biologie**

Les connaissances scientifiques actualisées sont des faits ou concepts, dits fondamentaux, qu'un individu devrait maîtriser pour mieux comprendre le monde dans lequel il vit. Parmi ces éléments, les apprentissages proposés en biologie concernent principalement les thèmes suivants : 1) la Terre est en constante évolution, 2) l'être vivant est constitué de cellules, 3) la vie évolue par sélection naturelle, 4) le gène est à la base de la vie, 5) l'évolution biologique comme concept basé sur des données géologiques et moléculaires : explication de la diversité et de la similitude des formes de vie et comme principe d'organisation centrale à toute la biologie, 6) l'organisme humain en tant qu'espèce biologique, et 7) l'implication de la biologie et de la génétique dans les technologies (Godin, 1999). À titre indicatif, une majorité des points saillants est liée aux connaissances qui relèvent du domaine de la génétique. Cela explique que cette recherche doctorale traite des connaissances scientifiques actualisées en biologie qui touchent principalement celles relatives à la génétique.

En regard au bagage de connaissances actualisées en biologie d'un individu, ici précisées, des études indiquent son rôle déterminant dans le degré de compréhension des concepts biologiques et d'enjeux relatifs au vivant, en plus d'influencer, potentiellement, son attitude face à ces mêmes enjeux (Dawson et Schibeci, 2003; Klop et Severiens, 2007). Comme cela a été discuté dans la problématique, l'effet des connaissances sur l'attitude peut alors avoir des répercussions dans la pratique enseignante.

### 2.3 Pratique enseignante

Dans le sens le plus courant, la pratique enseignante se définit comme étant : « l'application de règles, de principes qui permet d'effectuer concrètement une activité, qui permet donc d'exécuter des opérations, de se plier à des prescriptions » (Beillerot, 2003, p. 1). Bien que l'usage du terme « pratique » implique l'idée d'une application, telle la perception communément rencontrée, elle interpelle également le processus de mise en œuvre pour « faire ». À cet effet, Beillerot (2003) présente la pratique enseignante sous deux aspects. Relatée à la figure 2.1, la pratique enseignante est « d'un côté, les gestes, les conduites, les langages; de l'autre, à travers les règles, ce sont les objectifs, les stratégies, les idéologies qui sont invoqués » (p. 1). Selon Altet (2002), la pratique enseignante « n'est pas seulement l'ensemble des actes observables, actions, réactions, mais cela comporte les procédés de mise en œuvre de l'activité dans une situation donnée par une personne, les choix, les prises de décision » (p. 86). Le concept de la pratique enseignante présente donc une double dimensionnalité : la dimension observable et celle cachée, plus idéologique, qui oriente les choix et les prises de décision. De sorte que du paradigme « processus-produit », où l'étude du processus enseignant n'est basée que sur les comportements observables de l'enseignant, se sont développés ensuite des modèles cognitivistes orientés vers la pensée enseignante (Altet, 2002). Ces modèles questionnent les processus, c'est-à-dire les « procédés pour faire », lors de la préparation, de la planification et de la prise de décision de l'enseignant pouvant, ultérieurement, influencer sa mise en pratique.



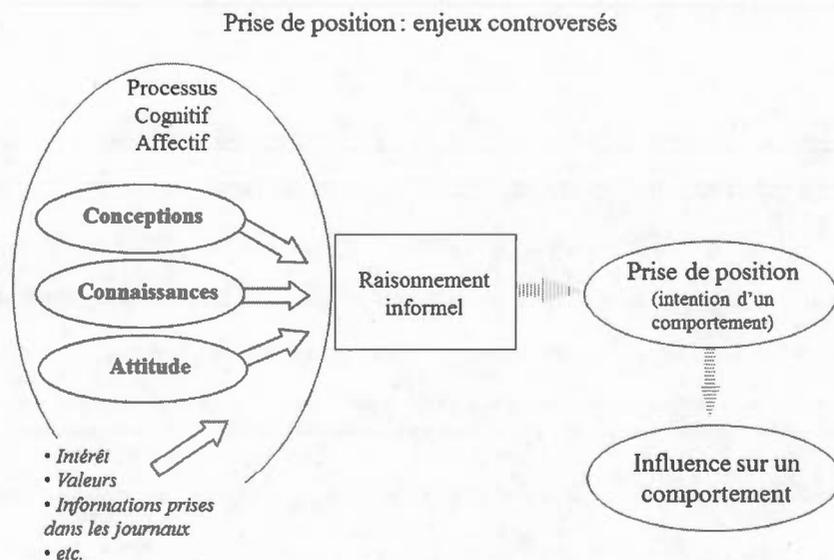
**Figure 2.1** Représentation de la double dimensionnalité de la pratique enseignante (Beillerot, 2003)

Ce modèle relatif au processus cognitif de l'enseignant explique le questionnement quant à l'influence que peuvent exercer les conceptions du vivant, les connaissances disciplinaires en biologie, et l'attitude face à leur compréhension du vivant et sur les enjeux sociobiologiques en tant que prémices d'une « prise de position » qui pourra vraisemblablement teinter une pratique enseignante disciplinaire.

### 2.3.1 La « prise de position »

Comme exposé à la figure 2.2, la prise de position implique un processus de raisonnement. En présence de problèmes complexes, de controverses ou d'enjeux n'ayant pas de solution définitive, ce raisonnement est dit informel. Il est par ailleurs pratiqué dans la vie de tous les jours. Ce raisonnement est caractérisé par une évaluation centrale comportant les aspects cognitif, affectif, voire intuitif, permettant au pensant de modifier ses prémices de base selon son attitude, ses connaissances, ses conceptions,

ses valeurs, l'information puisée dans son vécu, les livres, les journaux, etc., pouvant ainsi le prédisposer à un comportement ou à une mise en pratique (Chang et Chiu, 2008; Crahay *et al.*, 2010; Means et Voss, 1996; Sturgis *et al.*, 2005; Vinatier et Altet, 2008); en somme, ce qu'un enseignant ou un professionnel en enseignement disciplinaire en biologie est appelé à faire dans l'exercice de ses fonctions, par le déploiement de dispositifs pédagogiques pour favoriser l'apprentissage de contenus disciplinaires et le développement de compétences relatives au vivant. Et le citoyen, plus que jamais, est appelé à prendre position dans des choix de vie individuels et collectifs engageant diverses formes de vie.



**Figure 2.2** Représentation des éléments pouvant agir sur le raisonnement informel

### 2.3.2 L'attitude

En psychologie, l'attitude est définie comme étant une position favorable ou défavorable évaluée par des positions dichotomiques comme bon ou mauvais, positif ou négatif, accepté ou rejeté (Klop et Severiens, 2007). Selon Legendre (2005), l'attitude est un :

État d'esprit (sensation, perception, idée, conviction, sentiment, etc.), une disposition intérieure acquise d'une personne à l'égard d'elle-même ou de tout élément de son environnement (personne, chose, situation, événement, idéologie, mode d'expression, etc.) qui incite à une manière d'être ou d'agir favorable ou défavorable (p. 138)

De plus, l'attitude se distingue des concepts de conception ou d'opinion par sa grande stabilité, par sa dépendance à un contexte donné, par ses possibles contradictions, et elle peut se positionner comme étant « anti » ou « pro » lors de l'évaluation d'un objet ou d'un phénomène (Ouellet, 1978; Van Aalderen-Smeets, Van der Molen et Asma, 2012). Enfin, l'attitude se définit également comme un facteur non observable, sinon dans ses manifestations, tel un comportement (Ouellet, 1978).

#### 2.3.2.1 Attitude et enseignement du vivant

Sur le plan de l'enseignement aux sciences du vivant, l'attitude peut avoir un effet sur la pratique enseignante (Berkman et Plutzer, 2010; Blackwell *et al.*, 2003). Lors d'activités pédagogiques sur la compréhension des diverses manifestations du vivant et de l'introduction de situations technoscientifiques relatives au vivant, l'attitude, comme un état d'esprit ou une disposition intérieure, peut avoir des répercussions sur la direction que peut prendre la pratique, dont sur les dispositifs didactiques mis en œuvre (Albe et Simonneaux, 2002). L'attitude peut donc être un facteur pouvant orienter l'action dans une direction privilégiée.

*À priori*, dans le recensement des écrits en sciences de l'éducation, il n'y a pas de consensus quant à la définition et à l'opérationnalisation du concept d'« attitude ». Néanmoins, trois axes sont principalement retrouvés lors de questionnements sur l'attitude des élèves, des enseignants ou des citoyens envers les technologies du vivant (biotechnologie). L'évaluation de l'attitude peut s'effectuer 1) par l'indice d'acceptabilité, 2) par une mesure des bénéfices et des risques perçus, et 3) par une évaluation générale.

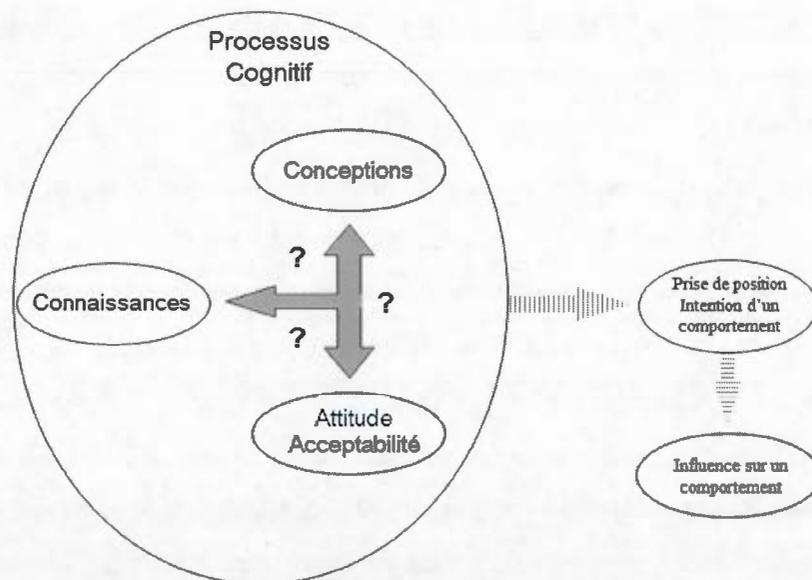
*Indice d'acceptabilité.* L'attitude peut se définir comme étant un état d'acceptabilité, telle une prise de position sur une échelle de mesure bipolaire (Schwarz, 2008). L'attitude se réfère à un construit hypothétique qui prédispose un individu à évaluer un objet d'une manière favorable ou défavorable (Armitage et Conner, 2001). Cette prédisposition ne peut pas être observable, mais évaluable à l'aide de réponses inférées à partir de l'observation d'un comportement ou par la voie de questions directement posées à l'individu concernant son attitude envers l'objet ou le phénomène à l'étude. Les recherches portant sur les attitudes d'élèves ou d'enseignants vis-à-vis des biotechnologies adoptent la définition de l'attitude en tant qu'une « acceptation ». L'indice d'acceptabilité est estimé par sa direction (ou polarité) et son intensité (degré d'acceptation) à l'aide d'une échelle à plusieurs points situés entre une position favorable et défavorable, ou positive et négative. L'attitude est d'autant plus importante (intense) lorsque les réponses se retrouvent aux extrémités de l'échelle de mesure. Dans un tel cas, l'attitude est plus susceptible de reconduire à un comportement (Armitage et Conner, 2001; Bressoud, 2002; Schwarz, 2008).

*Bénéfices et risques perçus.* Des études définissent l'attitude à partir de deux dimensions prédictives de l'acceptabilité des technologies du vivant (Lindahl, 2008; Klop et Severiens, 2007; Pardo *et al.*, 2002). La première dimension relève des « bénéfices » estimés par l'individu. Cette dimension évoque un sentiment

d'optimisme, c'est-à-dire que l'impact des nouvelles technologies sur la qualité de vie est perçu positivement. Cette composante est fortement prédictive de l'attitude du public en général. La deuxième dimension relève des « risques » anticipés des dangers potentiels associés aux biotechnologies. Ainsi, plus les bénéfices sembleront significatifs, plus l'individu sera favorable aux applications des nouvelles technologies du vivant. Inversement, plus le risque semblera grand, plus un individu sera défavorable à leur application (Klop et Severiens, 2007; Lindahl, 2008; Pardo *et al.* 2002; Siegrist, 2000; Sjöberg, 2004).

*Évaluation générale.* Pour appréhender le concept d'attitude, une troisième approche repose sur une évaluation générale par la théorie tripartite de l'attitude constituée de trois composantes générales (Klop et Severiens, 2007). Celle-ci introduit donc le caractère multidimensionnel de l'attitude en décortiquant le concept, en tenant compte du lien entre les composantes cognitive, affective et comportementale qui la constituent (Bressoud, 2002; Klop et Severiens, 2007; Ouellet, 1978; Pardo, Englehard, Hagen, Jorgensen, Rehbonder, Schnieke, Szmulewicz et Thiele, 2009; Siegrist, 2000; Sjöberg, 2004; Sturgis *et al.*, 2005; Van Aalderen-Smeets *et al.*, 2012). Les dimensions cognitive et affective influencent l'évaluation chez l'individu, lequel pouvant avoir un impact sur le comportement. La consistance du rapport entre les dimensions cognitive et affective influencera ensuite l'accomplissement futur d'un comportement (Bressoud, 2002). La dimension cognitive est constituée des conceptions, des idées et des connaissances relatives à l'objet. Quant à la dimension affective, elle est composée de l'ensemble des sentiments, valeurs, des peurs et du niveau d'anxiété de l'individu associés à l'objet (Klop et Severiens, 2007; Ouellet, 1978; Pardo *et al.*, 2002; Van Aalderen-Smeets *et al.*, 2012). Enfin, la dimension comportementale se définit comme une réponse ou comme les actions posées par un individu confronté à l'objet. Ce comportement peut être manifeste (une action posée) ou caché (une intention). Ainsi, l'attitude est un facteur déterminant quant à l'intention ou la mise en acte d'un comportement (Armitage et Conner, 2001; Ouellet, 1978).

Présenté à la figure 2.3, le modèle utilisé dans cette étude articule la première et la troisième définition de l'attitude. Interne au processus cognitif, le modèle proposé met en relation les conceptions, les connaissances et l'attitude. D'une part, l'indice d'acceptabilité permet d'estimer l'attitude des futurs enseignants et biologistes. D'autre part, l'influence que peuvent exercer les conceptions et les connaissances sur l'attitude s'insère dans la composante cognitive de la théorie tripartite de l'attitude. Ainsi, lors d'une prise de position (intention d'un comportement), l'attitude est en étroite interrelation avec les conceptions et les connaissances. En référence aux modèles cognitifs linéaires et interactionnels de Fishbein et Ajzen (1975) et Clément (2004) respectivement, l'opérationnalisation et l'analyse statistique des trois concepts de la problématique permettront de cerner le modèle le plus adéquat pour expliquer leurs interrelations.



**Figure 2.3** Représentation schématique des concepts investigués dans le cadre de la recherche doctorale

À la suite de la définition des principaux concepts sous-jacents à la présente étude, le chapitre de la méthodologie expose les orientations épistémologique et méthodologique de la recherche, un résumé critique des écrits ainsi que l'opérationnalisation et l'échelle de mesure des conceptions paradigmatiques, des connaissances en biologie et de l'attitude envers des enjeux relatifs au vivant.

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Dans le chapitre précédent, le cadre théorique a contribué à poser les trois concepts centraux qui seront opérationnalisés dans le chapitre III. En effet, ce chapitre vise à apporter des moyens pratiques et concrets afin d'opérationnaliser quantitativement ces concepts pour répondre aux questions de recherche et éprouver les hypothèses de recherche émises.

Ce chapitre est initié par la présentation des orientations épistémologique et méthodologique de la recherche. Ensuite, un premier résumé critique et une analyse instrumentale sont présentés de façon à situer et justifier l'approche méthodologique retenue et la nécessité de développer un nouvel instrument de mesure dans le cadre de cette étude. À cet effet, l'ensemble des approches méthodologiques mis en œuvre dans ces travaux et les instruments de collecte de données sont discutés et étayés sous forme de tableau. Une attention particulière est portée sur l'opérationnalisation de la recherche et la démarche méthodologique adoptée pour la construction de l'échelle de mesure multidimensionnelle qui s'inspire du paradigme de Churchill (1979). Les critères de rigueur aux différentes étapes de la démarche méthodologique sont également abordés. Les deux derniers segments du chapitre III exposent les différents types d'analyses statistiques employées ainsi que les considérations éthiques de la recherche.

### **3.1 Orientation épistémologique de la recherche**

La problématique a permis de rassembler des énoncés théoriques, d'émettre un certain questionnement et des hypothèses de recherche que l'on s'appliquera à valider empiriquement. Cette démarche s'inscrit dans l'enjeu nomothétique engageant une recherche empiriste hypothético-déductive. L'enjeu nomothétique souhaite mettre en évidence des régularités, des invariants afin d'élaborer des règles, des lois, des modèles, etc. (Astolfi, 1993; Lecourt, 2006; Legault, 2009). L'approche par déduction est la plus appropriée pour vérifier ou réaliser une mise à l'épreuve des hypothèses au moyen d'une expérience comparative (Van der Maren, 2007). Le discours théorique auquel cette recherche fait référence relève de la théorie descriptive (empirisme). Dans ce cas-ci, sa fonction est de rendre compte d'un phénomène en identifiant les conditions d'apparition, les dimensions (éléments constitutifs) et les structures dominantes de son fonctionnement. Cette recherche s'inscrit dans un discours descriptif et de compréhension. D'abord, elle aspire à identifier les éléments et les relations (statiques) en faisant état de la situation. Ensuite, elle souhaite caractériser l'enchevêtrement des éléments constitutifs du phénomène en faisant état de leur corrélation (Van der Maren, 2007).

### **3.2 Orientation méthodologique de la recherche**

En lien avec cette réflexion épistémologique, l'utilisation de la méthode quantitative s'avère pertinente pour l'atteinte des objectifs poursuivis. L'approche quantitative de la recherche se caractérise par le développement de nouvelles connaissances à travers une démarche la plus impartiale possible et l'analyse de données à caractère mesurable. Plus précisément, l'approche quantitative comparative dont il est question dans cette recherche doctorale souhaite expliquer, dans un cadre théorique, un rapport entre deux ou plusieurs variables. Pour ce faire, elle a recours à un corpus de données systémiques

quantifiables qui permettront d'interpréter des renseignements en nombres et d'expliquer certains phénomènes d'ordres individuel et social (Astolfi, 1993; Boudreault, 2004; Ouellet, 1989). Cette recherche est adéquate pour explorer et mettre en relief un ensemble d'éléments constituant le phénomène. Elle permettra d'interroger plus aisément la conceptualisation du vivant, les attitudes, le bagage de connaissances acquis dans la formation universitaire et leurs interactions. Généralement, dans une approche quantitative, le chercheur a une certaine emprise sur sa position face à l'objet d'étude et réduit en variables quantifiables le phénomène à l'étude (Angers, 2000). Ce type de méthodologie engage le chercheur à mettre en place une stratégie qui tente de minimiser la part de subjectivité lors de la collecte et l'analyse de données. Cette approche permet également de « standardiser » les résultats entre les données elles-mêmes et avec les résultats retrouvés dans la recension des écrits, de façon à pouvoir observer les concordances ou les disparités. Cette structuration des informations permet un traitement statistique par l'établissement d'un pourcentage et de mesures de corrélation (Mayer et Ouellet, 1991). La principale limite est que les hypothèses et l'analyse des données s'effectuent selon un cadre préétabli, réduisant ainsi le phénomène à une vision préétablie du chercheur (Boutin, 1997).

### **3.3 Résumé critique et analyse instrumentale pour la méthodologie**

Dans la problématique, un portrait sommaire a été réalisé quant aux différentes problématiques engendrées par l'intermédiaire des conceptions sur le vivant, des connaissances en biologie et de l'attitude envers les enjeux relatifs au vivant. Que ce soit sous forme d'obstacles, d'une compréhension adéquate du vivant ou de l'acceptabilité d'enjeux sociobiologiques, la majorité des auteurs ont été en mesure d'évaluer ces divers aspects du phénomène de façon singulière ou pluridimensionnelle par une approche quantitative. En regard des études répertoriées au tableau 3.1, un nombre significatif d'auteurs ont notamment fait des choix épistémologiques et

méthodologiques tels qu'adoptés dans le cadre de ce projet. Par une approche quantitative, la collecte de données par le questionnaire fermé favorise la caractérisation d'un large éventail de données concernant l'étude d'une conception mise en rapport, à certains moments, avec la connaissance du vivant ou l'attitude, ou encore, l'étude de l'attitude mise en rapport avec une conception ou la connaissance du vivant (Castéra et Clément, 2009a; Gregory et Ellis, 2009; Klop et Severiens, 2007; Miller *et al.*, 2006; Sturgis *et al.*, 2005). Pour l'ensemble des questionnaires interrogeant les conceptions ou l'attitude, les répondants se positionnent généralement sur une échelle de Likert en regard des énoncés présentés. Quant à la connaissance sur le vivant, on retrouve plutôt un questionnaire sous la forme d'un « test » qui propose aux répondants d'attester positivement ou négativement une question ou un énoncé (Castéra et Clément, 2009b; Klop et Severiens, 2007; Sturgis *et al.*, 2005). Ces instruments de collectes de données permettent de dégager les divergences et les ressemblances entre les groupes à l'étude. Les travaux ayant eu recours à cette approche ont eu accès à une somme d'informations qui favorise la compréhension d'un ensemble de dimensions interreliées, comme proposé dans la présente étude (Castéra *et al.*, 2007; Munoz, Quessada et Clément, 2007).

**Tableau 3.1**  
Analyse instrumentale pour la méthodologie

Conception sur le vivant	Auteurs	Approche méthodologique
Déterminisme héréditaire	Castéra <i>et al.</i> (2007)	Questionnaire de 32 énoncés (n=5189) - Évaluation des conceptions par 28 énoncés (échelle de Likert) - Évaluation des connaissances par 4 questions (oui ou non)
	Castéra et Clément (2009a)	Questionnaire de 31 énoncés (n=1038) - Évaluation des conceptions par 27 énoncés (échelle de Likert) - Évaluation des connaissances par 4 questions (oui ou non)
	Castéra et Clément (2009b)	Questionnaire de 16 énoncés (n=5706) - Évaluation des conceptions par 12 énoncés (échelle de Likert) - Évaluation des connaissances par 4 questions (oui ou non)
Déterminisme héréditaire et comportemental	Abrougui et Clément (1996)	Prétest et post-test (jeu de cartes) à la suite d'une activité pédagogique et d'une visite au musée
Évolutionnisme	Perbal <i>et al.</i> (2006)	Enquête par questionnaire à choix multiples, 21 énoncés (n=1163)
	Blackwell <i>et al.</i> (2003)	Questionnaire de 25 énoncés. Choix de réponses (n=125)
	AAAS (2012)	Questionnaire avec différentes sections. Choix de réponses
	Gregory et Ellis (2009)	Questionnaire de 32 questions dont 11 ouvertes, 24 fermées et 2 à courtes réponses (n=186)
	Miller <i>et al.</i> (2006)	Enquête de 1 question (échelle de Likert)
	Quessada <i>et al.</i> (2007)	Questionnaire de 15 énoncés (n=5189). Choix de réponses
	Fortin (2008)	Schéma explicatif
Évolutionnisme Finalisme	Bronner (2007)	Entretiens semi-dirigés (n=60)
Évolutionnisme Métaphysique	Hrairi et Coquidé (2002)	Enquête. Questionnaire ouvert (3 questions) suivi d'une analyse à l'aide d'un registre explicatif (n=78)
Vitalisme	Monchamp (1997)	Recherche-action participative
Déterminisme Interactionnisme	Clément et Forissier (2001)	- Entretiens avec 1 question ouverte (n=33) - Analyse de contenu de 3 manuels scolaires

Connaissance du vivant	Auteurs	Approche méthodologique
Connaissance	Castéra et Clément (2009a, b)	Questionnaire avec 4 questions générales qui estiment les connaissances sur le vivant
	Klop et Severiens (2007)	Questionnaire fermé de 47 questions (vrai ou faux) (alpha de Cronbach 0,63 et 0,71) (n=634)
	Sturgis <i>et al.</i> (2005)	Méta-analyse des résultats de deux études réalisées par questionnaire (n=3426 et n=696) - Évaluation des connaissances (vrai ou faux) (alpha de Cronbach de 0,66 et 0,51)
	AAAS (2012)	Questionnaire par choix de réponses
Attitude envers les enjeux relatifs au vivant	Auteurs	Approche méthodologique
Attitude	Commission européenne (2010)	Enquête par questionnaire fermé avec différentes sections et divers choix de réponses
	Siegrist (2000)	Questionnaire de 19 énoncés avec échelle de réponses (n=693)
Attitude Connaissance	Ozden <i>et al.</i> (2008)	Questionnaire de 27 énoncés avec une échelle de Likert (alpha de Cronbach 0,74) (n=371)
	Sturgis <i>et al.</i> (2005)	Méta-analyse des résultats de deux études réalisées par questionnaire (n=3426 et n=696) - Évaluation des connaissances (vrai ou faux) (alpha de Cronbach de 0,66 et 0,51) - Évaluation de l'attitude (échelle de Likert)
Attitude Conception Connaissance	Klop et Severiens (2007)	Questionnaire avec 4 sections (connaissance, conception, affectif et comportemental) (alpha de Cronbach entre 0,63 et 0,79) (n=634) - Évaluation des connaissances par 47 questions (vrai ou faux) - Évaluation des conceptions et de l'affectif (attitude) par 28 énoncés (échelle de Likert) - Évaluation de l'attitude (intention d'un comportement) par 20 énoncés (échelle de Likert)

Mentionnées également dans la problématique, ces études sur les conceptions ne se concentrent généralement que sur une seule dimension à la fois et sur l'évolution d'un seul type de changement; de sorte que ceci réduit le phénomène, alors qu'une conception ou un regroupement de conceptions peut évoluer par rapport à d'autres (Crahay *et al.*, 2010). Néanmoins, certaines de ces études se distinguent par la mise en tension de deux conceptions, par exemple entre le déterminisme héréditaire et comportemental (Abrougui et Clément, 1996), entre l'évolutionnisme et le finalisme (Bronner, 2007), ou encore entre le déterminisme génétique et l'interactionnisme (Clément et Forissier, 2001). D'une part, on observe les limites des mesures actuelles qui ne permettent pas d'interroger un ensemble plus large de conceptions et de leur possible agencement dans un contexte global considérant les connaissances et l'attitude du répondant, d'où la nécessité de développer un nouvel instrument de mesure des conceptions. D'autre part, l'évaluation de la connaissance en biologie demeure, pour certains auteurs, sommaire ou sous-évaluée. Les tests de connaissance du vivant proposent des questions qui relèvent de grandes généralités. À titre d'exemple, certaines questions engagent le répondant à répondre « oui » ou « non », sans nuances, aux questions suivantes : *Je peux expliquer ce qu'est une synapse? Je peux expliquer ce qu'est la plasticité cérébrale?* (Castéra et Clément, 2009b). Et lorsque les tests de connaissances sont plus raffinés, les coefficients d'alpha de Cronbach de 0,63, 0,66 et 0,51 n'en suggèrent qu'une faible consistante interne (Klop et Severiens, 2007; Sturgis *et al.*, 2005). Considérant ces limites, un test de connaissances est de nouveau élaboré dans le cadre de l'étude présente et est constitué de questions plus précises sur des concepts biologiques et génétiques. Cela permet de mieux estimer et circonscrire les individus ayant un bagage de connaissances significatif. Finalement, les enquêtes sur l'attitude relative à des enjeux relatifs au vivant ont des valeurs d'alpha de Cronbach qui oscillent entre 0,74 et 0,78, suggérant une consistante interne adéquate de ces questionnaires (Klop et Severiens, 2007; Ozden, Usak, Prokop, Türkoglu et Bahar, 2008). L'élaboration des énoncés est donc inspirée des travaux de Klop et Severiens (2007), et notamment des travaux de la Commission européenne (2010). En vue des

limites des construits existants, la création d'un nouvel instrument de mesure est, dans ce cas, inévitable. Cette étude contribue à l'élaboration d'une mesure opérationnelle quantitative d'un ensemble de conceptions sur le vivant, des connaissances en biologie et d'attitudes favorisant ainsi un regard global de l'état du phénomène à l'aide d'analyses statistiques.

L'utilisation de l'approche quantitative démontre des aspects positifs afin d'atteindre les objectifs de la présente étude. Néanmoins, il est important de mentionner également ses limites. L'une des limites du questionnaire fermé est, selon Perbal *et al.* (2006), le manque de nuance dans les réponses obtenues. Il évoque que des positions mixtes ou plus complexes émergent lors de l'application d'un questionnaire ouvert et représenteraient mieux l'opinion du répondant. Ce qui n'est pas surprenant, car le questionnaire fermé ne permet pas de proposer un nombre exhaustif de questions et, surtout, de réponses possibles. Les répondants doivent alors répondre au mieux selon les choix présentés, même s'ils ne traduisent pas parfaitement leur pensée. En connaissance de cette limite, le choix de l'utilisation d'un questionnaire fermé est tout de même retenu. Dans la mesure où est questionné un large spectre de conceptions afin d'obtenir un portrait global du phénomène, ce choix méthodologique demeure le plus adéquat. Le questionnaire fermé et bien structuré favorisera également une plus grande rigueur comparative. Par la suite, cela permettra de pointer de nouvelles avenues de recherche qui pourront être, ultérieurement, investiguées par d'autres approches, dont celles utilisées par Monchamp (1997), Bronner (2007) ou Fortin (2008). Celles-ci pourront permettre d'approfondir, voire de corroborer les résultats obtenus.

### **3.4 Opérationnalisation de la recherche et de l'instrumentation**

Cette section est consacrée à la présentation des populations à l'étude, à la démarche méthodologique, inspirée du paradigme de Churchill (1979), pour le développement de l'instrument de mesure et aux méthodes d'analyse statistiques utilisées.

#### **3.4.1 Population**

Les populations à l'étude sont les étudiants de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) en enseignement, dans les programmes du préscolaire et du primaire, au professionnel, en adaptation scolaire et sociale et au secondaire, et les étudiants du programme de biologie. Il est important de mentionner que le programme des étudiants en enseignement des sciences et technologies comporte un volet disciplinaire (60 crédits) dans lequel ils évoluent. En fin de formation, ils auront suivi des cours dans diverses disciplines (biologie, chimie, informatique, géographie, génie et physique), dont 15 à 21 crédits sont réservés aux sciences biologiques comprenant cinq cours obligatoires et deux cours optionnels pouvant s'y ajouter. Quant aux étudiants en biologie, ils ont l'équivalent de 75 crédits réservés à leur concentration.

#### **3.4.2 Élaboration de l'instrument de mesure**

Cette recherche s'inscrit dans une approche méthodologique quantitative inspirée de nombreuses études mentionnées au tableau 3.1, notamment celles de Castéra *et al.* (2007), Miller *et al.* (2006), Klop et Severiens (2007) et la Commission européenne (2010). Quant à la démarche méthodologique pour l'élaboration de l'instrument de mesure, elle s'inscrit sous le « paradigme de Churchill ». Le processus de construction d'une échelle de mesure proposé par Churchill (1979) est un cadre de référence reconnu afin d'organiser et de guider le travail. Cette échelle de mesure est actualisée et, par le

fait même, enrichie par de nouvelles méthodologies émergentes proposées, entre autres, par Roussel (2005).

Dans l'optique d'une méthodologie quantitative, l'objectif est de dégager les différentes conceptions paradigmatiques, les connaissances en biologie et l'attitude auprès des populations ciblées. L'outil de collecte utilisé est le questionnaire fermé, qui permet de recueillir des données non directement observables auprès de répondants directement concernés par le phénomène. Ces données provoquées, c'est-à-dire spécifiquement construites dans le cadre de cette recherche, permettent de répondre aux objectifs (Van der Maren, 2007), et dans une logique de déduction (hypothético-déductive), d'éprouver les trois hypothèses énoncées précédemment (section 1.6). Enfin, les variables instrumentales servent à colliger des renseignements personnels (Munoz *et al.*, 2007). Ainsi, cet instrument, composé de trois sections, permet de récolter une somme d'informations essentielles pour répondre aux principaux objectifs.

#### **3.4.2.1 Construction d'une échelle de mesure multidimensionnelle**

La démarche méthodologique, reconduite sous le paradigme de Churchill (1979) et actualisée par Roussel (2005), est utilisée pour la construction et de la validation du questionnaire à échelle multidimensionnelle. Cette démarche est considérée comme une méthode classique dans le développement d'échelles de questionnaire. Présentée au tableau 3.2, la démarche s'inscrit dans un processus itératif entre le construit théorique, l'enquête et l'analyse des énoncés afin de mieux progresser au cours des étapes de purification et du raffinement de l'échelle de mesure (Churchill, 1979; Roussel, 2005). Ce processus rigoureux a pour objectif de réduire les biais d'erreurs de mesure aléatoire et systématique, et d'assurer une échelle dont la fiabilité et la validité interne sont éprouvées (Closon, 2009; Roussel, 2005). La première phase, dite exploratoire, est représentée par les quatre premières étapes du tableau 3.2 et la deuxième phase du processus, dite de validation, regroupe les trois étapes suivantes.

La phase exploratoire a pour objectif de réduire l'erreur aléatoire causée par les effets d'éléments perturbateurs (humeur des répondants, circonstances, etc.) pouvant altérer la mesure. Quant à la phase de validation, elle a pour objectif de réduire l'erreur aléatoire en consolidant les choix effectués à la phase exploratoire, et l'erreur systématique. L'erreur systématique est représentée par les biais engendrés par la conception même de l'outil pouvant relever d'une définition insuffisante d'un concept, ou par une mauvaise représentation des énoncés des variables conceptuelles (Roussel, 2005). Par l'utilisation d'une telle démarche, il a été possible d'estimer 1) la cohérence interne de l'instrument de mesure où le répondant a un patron similaire de réponses aux énoncés d'une même variable conceptuelle, 2) la validité de construit en regard du cadre théorique, et 3) la validité discriminante où les énoncés d'une variable conceptuelle génèrent une mesure distincte des autres variables conceptuelles qui permettra alors au questionnaire d'avoir la capacité de discriminer plusieurs construits (Roussel, 2005). Ainsi, cette méthodologie concourt à assurer une validité de contenu et de construit afin de concevoir la mesure la plus juste du phénomène. Les étapes proposées dans le cadre du paradigme de Churchill contribuent à circonscrire et reconduire la mise en œuvre du dispositif expérimental de l'étude par le développement du questionnaire sur les conceptions, les connaissances et d'attitudes relatives au vivant.

**Tableau 3.2**

Séquences d'application du paradigme de Churchill dans la démarche de construction de l'instrument de mesure (Churchill, 1979; Roussel, 2005)

Étapes	Techniques et coefficients recommandés par Churchill (1979)	Techniques et coefficients utilisés
1. Spécifique du domaine du construit	Recension des écrits	Recension des écrits (chapitre I) Cadre conceptuel (chapitre II)
2. Générer un échantillon d'énoncés	S'appuyer sur la recension des écrits  Expérience-enquête Exemples types Entretiens qualitatifs	Basé sur le cadre conceptuel pour générer les énoncés du questionnaire  - Exemples types retrouvés dans la recension des écrits (construits existants) - Avis d'un expert - Mise à l'essai du questionnaire auprès de 10 répondants
3. <b>Première collecte de données</b>		<b>ÉTUDE 1</b> : Passation du questionnaire à 184 étudiants dans les programmes d'enseignement et de biologie de l'UQAR
4. Purification de l'instrument de mesure  Mesure de la consistance interne	Coefficient d'alpha de Cronbach  Analyse factorielle	- Coefficient d'alpha de Cronbach - Analyse factorielle par ACP : analyse de saturation factorielle pour chaque énoncé, coefficient de corrélation - Analyse de type confirmatoire : valeur de consistance interne des dimensions, analyse différenciée
5. <b>Deuxième collecte de données</b> (avec un instrument de mesure affiné)		<b>ÉTUDE 2</b> : Passation du questionnaire affiné à 359 étudiants dans les programmes d'enseignement et de biologie de l'UQAR
6. Estimation de la fiabilité et de la validité de l'instrument de mesure	Coefficient d'alpha de Cronbach  Critères de validité  Analyse factorielle	- Coefficient d'alpha de Cronbach - Analyse factorielle par ACP : analyse de saturation factorielle pour chaque énoncé, coefficients de corrélation - Analyse de type confirmatoire : valeur de consistance interne des dimensions, analyse différenciée

Tout d'abord, la démarche méthodologique est un processus flexible qui favorise les « allers-retours » d'une étape à l'autre en vue de faire progresser, au mieux et au besoin, les réajustements théoriques et méthodologiques. De plus, pour un gain d'efficacité dans le développement de l'échelle de mesure, les techniques méthodologiques indiquées pour une étape donnée, peuvent être utilisées pour d'autres étapes (Roussel, 2005). Il est tout indiqué de mentionner également les limites du processus qui sont liées, d'une part, au fait que tout part de la spécification du construit (étape 1), qui aura un impact sur toute la séquence d'analyse; de sorte qu'en l'absence de consensus théorique, ce biais se répercutera sur son opérationnalisation. D'autre part, lors de l'exercice de purification de l'instrument (étape 4), les énoncés qui ne saturent sur aucune dimension ou les dimensions qui présentent un faible alpha de Cronbach peuvent être éliminés; de sorte que dans l'exigence de présenter un instrument avec des indices statistiques significatifs, ces manipulations interpellent le jugement du chercheur afin de ne pas engendrer une possible dénaturation des concepts étudiés (Closon, 2009).

Dans les paragraphes suivants seront décrites les étapes de la phase exploratoire et de la phase de validation du tableau 3.2 en lien avec la démarche méthodologique utilisée dans la présente étude.

### **La phase exploratoire**

Cette phase amorce la découverte du domaine à l'étude, la construction de l'échelle de mesure et une première estimation de la validité de contenu et du construit (Roussel, 2005).

#### *1. Spécification du domaine du construit*

Cette première étape consiste à définir le construit et se familiariser avec les concepts. Une recension des écrits rigoureuse favorise la maîtrise des définitions et de ses

attributs. Une mise en tension des concepts circonscrits avec sa capacité d'appréhender le phénomène à l'étude est recommandée. Selon Churchill (1979), une approche qualitative par étude de cas ou par entretien permet de comparer le cadre théorique aux observations sur le terrain. Cette étape a pour finalité de proposer des définitions précises et pertinentes des concepts (Roussel, 2005).

Dans le cadre de la présente étude, cette étape a été réalisée lors de l'élaboration de la problématique (chapitre I), du cadre conceptuel (chapitre II) et au regard des études recensées au tableau 3.1. Les différents concepts ont été approfondis en vue d'obtenir un consensus théorique qui a permis de mieux appréhender les conceptions, les connaissances et l'attitude relatives au vivant.

## *2. Générer un échantillon d'énoncés*

Cette étape comprend l'élaboration de l'échelle de mesure du phénomène à l'étude et l'analyse de la validité de contenu. La construction de l'outil consiste à générer le plus large éventail d'énoncés susceptibles de mieux saisir toutes les facettes de chacun des concepts (Roussel, 2005).

*Approche déductive.* L'approche déductive est utilisée afin de guider la rédaction des énoncés. À cet effet, l'étude théorique de l'épistémologie de la biologie a fait émerger les spécificités pour chacun des paradigmes à l'étude, soit, en d'autres mots, pour chacune des conceptions paradigmatiques circonscrites. Le questionnaire a été construit à partir de la recension des écrits et du cadre conceptuel. Des échelles de mesure existantes ont également permis de reconduire certains concepts, dont le déterminisme et l'évolutionnisme (Castéra *et al.*, 2007; Miller *et al.*, 2006). Par ailleurs, le choix des connaissances évaluées s'est notamment appuyé sur les connaissances scientifiques actualisées en biologie que devrait maîtriser un individu pour mieux comprendre le monde dans lequel il vit, selon Godin (1999). Inspirée de Klop et

Severiens (2007) et Sturgis *et al.* (2005), l'orientation du questionnaire des connaissances sur le vivant a été volontairement dirigée vers l'évaluation des connaissances plus spécifiques à la génétique. Enfin, l'attitude est interrogée à partir de mises en situation qui intègrent des enjeux relatifs au vivant, qui eux, relèvent d'enjeux actuels dans nos sociétés contemporaines, dont certains sont abordés en salle de classe (MEQ, 2001, 2004; MELS, 2007).

*Rédaction des énoncés.* Pris en considération lors de la rédaction des énoncés de l'échelle de mesure, les conseils classiques consistent à rédiger des énoncés courts et simples, d'adopter un langage familier et de traiter d'une seule idée par énoncé. De plus, l'utilisation parcimonieuse d'énoncés négatifs est acceptée, mais ceux-ci peuvent causer des problèmes lors de l'interprétation. Enfin, il est recommandé de rédiger de façon différente les énoncés qui évaluent une même facette d'un concept afin d'éviter l'augmentation artificielle des indices de fiabilité de la cohérence interne (Roussel, 2005).

Afin d'évaluer l'adhésion aux conceptions paradigmatiques circonscrites, 37 énoncés ont émergé, dont 8 énoncés déterministes ont été inspirés des travaux de Castéra *et al.* (2007), en plus d'un énoncé évolutionniste qui a été traduit et transposé à partir de l'enquête de Miller *et al.* (2006) lors de la deuxième collecte de données (étude 2). Ensuite, l'évaluation de la maîtrise de concepts biologiques et génétiques s'est effectuée à l'aide d'une partie « test » composée de 13 énoncés. Enfin, par l'indice d'acceptabilité, l'attitude des répondants face aux enjeux relatifs au vivant a été estimée à partir de sept mises en situation inspirées du programme ministériel (MEQ, 2001, 2004; MELS, 2007) et d'énoncés investigués par la Commission européenne (2010). Les enjeux liés aux problématiques du vivant, constituant le questionnaire d'attitudes, touchent les tests de dépistage chez le fœtus et l'adulte, une proposition d'un aliment

hybride, les micro-organismes génétiquement modifiés, la thérapie génique, le clonage et l'usage de cellules souches (appendice A).

*Modalités de réponses.* Cette étape consiste à définir le type de modalités de réponses souhaité et les degrés (échelons) de l'échelle de mesure. L'échelle de Likert, fréquemment utilisée, propose généralement de cinq à sept modalités de réponses dans un continuum allant de « tout à fait en désaccord » à « tout à fait d'accord » avec un point neutre (Roussel, 2005).

Dans le cas du questionnaire sur les conceptions et des enjeux relatifs au vivant, une prise de position était souhaitée. Ainsi, l'échelle présente quatre échelons (sans point neutre) où les répondants sont invités à se positionner de façon à mesurer leur position relative, c'est-à-dire un degré d'acceptation d'une conception et d'un enjeu relatif au vivant (attitude) (1 = en désaccord; 2 = plutôt en désaccord; 3 = plutôt en accord; et 4 = en accord). Quant au test sur les connaissances en biologie et génétique, les modalités de réponses sont sous forme de choix de réponses (1 = vrai; 2 = faux; et 3 = je ne sais pas) (Van der Maren, 2007).

*Nombre d'énoncés dans l'échelle.* À cet effet, certains points sont à considérer, dont la longueur du questionnaire et le nombre d'énoncés par dimension. Il est recommandé de ne pas dépasser les 100 énoncés, car, trop long, le questionnaire s'expose à davantage de biais (données manquantes, polarisation des réponses, etc.). De plus, le nombre d'énoncés dépend de deux facteurs, soit la complexité de la dimension et la complexité de la fiabilité de cohérence interne (alpha de Cronbach). Pour ce faire, il est suggéré de générer entre six et huit énoncés par dimension dans la phase exploratoire. Aux étapes suivantes, certains de ces énoncés seront possiblement éliminés lors de l'évaluation de la validité de contenu et du construit (Roussel, 2005). Au minimum, il est recommandé de maintenir de quatre à cinq énoncés par dimension. Moins que cela,

le risque est plus grand d'obtenir une faible cohérence interne et une mauvaise structure factorielle (Roussel, 2005).

*Évaluation de la validité de contenu.* Sous cette phase du processus de construction de l'outil, l'élimination d'énoncés conceptuellement incohérents est effectuée, notamment par les échanges avec les pairs et par l'utilisation de techniques d'entretien pour éprouver la compréhension des énoncés, ceci afin d'être en mesure de s'interroger sur la représentativité et la cohérence des énoncés du phénomène étudié.

Le travail le plus complexe est alors de résoudre l'équation : pertinence de l'item pour représenter le concept, et facilité de compréhension par les participants potentiels de l'enquête. En dépendront alors le taux de retour du questionnaire et la réduction des biais (effets de halo, de contamination, etc.) (Roussel, 2005, p. 253)

Dans le but d'optimiser le taux de réponses et d'obtenir une bonne mesure de l'outil, le travail consiste pour Roussel (2005) à retirer « les items les moins bien rédigés, les moins représentatifs de la définition du concept, les plus ambigus, et les plus redondants » (p. 253) ou à l'ajout de nouveaux énoncés. Cette phase engage deux préenquêtes, dont l'une réalisée auprès des pairs et d'experts, et la deuxième auprès d'un échantillon « test » de la population étudiée.

Dans l'étude présente, l'optimisation instrumentale, tant du point de vue conceptuel que langagier, a suivi les recommandations de Churchill (1979) et Roussel (2005). Tout d'abord, un expert en épistémologie des sciences a été consulté. Ensuite, de façon informelle, une première mise à l'essai du questionnaire a été réalisée auprès de 10 répondants volontaires composés de biologistes, d'enseignants du primaire et de répondants en provenance du grand public. À la suite de ces exercices de préenquête, certains énoncés ont été clarifiés.

### *3. Première collecte de données*

Cette étape s'interroge sur les choix concernant le mode d'enquête, la taille de l'échantillon pour cette première collecte de données et le terrain d'enquête.

*Le mode d'administration du questionnaire.* Le choix du mode de l'enquête peut prendre différentes formes, que ce soit en face à face, autoadministré en présence directe ou par voie indirecte (postale, téléphone, internet) (Roussel, 2005). L'approche indirecte par voie électronique a été utilisée dans la présente étude. L'enquête par internet présente un potentiel certain afin de contacter un nombre plus large de répondants et au moment qui leur convient. Les principales limites relèvent de difficultés logistiques et humaines (bonne adresse courriel, motivation des internautes, sélection des participants, etc.) (Roussel, 2005). Afin de limiter ces éléments atténuants de ce mode de collecte, la plateforme internet de l'Université du Québec à Rimouski a été mise à disposition afin de faciliter la passation du questionnaire à la population cible seulement, et ce, en toute confidentialité. La collecte de données s'est effectuée à un seul moment auprès des cohortes d'étudiants universitaires dans les programmes d'enseignement et de biologie de l'UQAR. Un rappel, par la voie de la plateforme Internet *Claroline*, a agi positivement sur la motivation à participer des répondants.

*La taille de l'échantillon.* La taille appropriée de l'échantillon résulte du choix de la méthode d'analyse. Dans le cas du paradigme de Churchill et de la présente étude, c'est l'analyse factorielle qui a influencé la taille de l'échantillon. Il est recommandé de regrouper approximativement de 5 à 10 fois plus de répondants qu'il y a d'énoncés (Roussel, 2005). De même que l'usage de l'analyse factorielle de type confirmatoire utilisée dans la phase de validation recommande un nombre seuil approximatif de 200 répondants (Blais et Raïche, 2003; Roussel, 2005).

À partir de l'ensemble des répondants interpellés lors de la première collecte de données, 184 participants ont répondu à la totalité des questionnaires. Le questionnaire des conceptions représente l'échelle la plus importante avec 37 énoncés. Ainsi, la taille idéale de l'échantillon devrait varier entre 185 et 370 répondants ( $5 \times 37 = 185$  et  $10 \times 37 = 370$ ) selon Roussel (2005). Le nombre de répondants obtenu est au seuil de la taille de l'échantillon considéré représentatif. Ceci a permis de parachever la phase exploratoire par une analyse factorielle et la purification de l'instrument de mesure.

#### *4. Purification de l'instrument de mesure*

Cette procédure, dite d'épuration, consiste à condenser l'échelle de mesure par le retrait d'énoncés qui réduisent sa qualité métrique et ainsi réduire l'erreur aléatoire de la mesure des variables conceptuelles à l'étude (Roussel, 2005). Divisée en deux étapes de traitements statistiques, l'échelle est soumise au coefficient d'alpha de Cronbach (fiabilité de cohérence interne). Ensuite, l'analyse en composante principale (ACP) met en lumière un construit multidimensionnel à posteriori. En fonction des résultats et du cadre théorique, des énoncés pourront être retirés. L'échelle épurée peut être de nouveau soumise aux étapes d'épuration (itération) ou être de nouveau appliquée à une seconde collecte de données.

Une première analyse est réalisée avec le test de sphéricité de Bartlett (Khi-carré) pour vérifier s'il y a bien une relation entre les énoncés. De plus, à l'aide du test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), il est possible de vérifier la présence de facteurs latents liant les énoncés entre eux (Bourque, Poulin et Cleaver, 2006). Après vérification du type de matrice, la purification de l'échelle de mesure est effectuée par l'analyse en composante principale (ACP). Ce type d'analyse engage un processus de réduction par l'extraction de petits ensembles de variables à partir d'un grand nombre de variables continues, nommées composantes. Cette méthode statistique a pour objectif d'évaluer la ressemblance entre individus en regard du phénomène à l'étude (Busca et Toutain,

2009). L'ACP permet donc d'explorer les relations entre les variables (corrélations) et d'effectuer un rapprochement entre les individus. Lors de cette étape d'analyse, l'ACP a permis : 1) de vérifier la fiabilité de la cohérence interne des questionnaires par le coefficient d'alpha de Cronbach, 2) de dégager la structure factorielle de la mesure afin de vérifier la validité de construit, 3) d'estimer la représentativité de chacun des énoncés sur chacune des variables conceptuelles, et enfin, 4) d'estimer la capacité du questionnaire à discriminer les différents construits (Galtier, 2005).

D'une part, la fiabilité de la cohérence interne, par l'analyse factorielle, consiste à estimer la capacité d'un ensemble d'énoncés à ne représenter qu'une seule facette du construit. L'objectif est d'obtenir un niveau acceptable de fiabilité de cohérence interne de l'échelle qui devrait être supérieur à un alpha de 0,70 (Cortina, 1993). D'autre part, afin d'atteindre une qualité satisfaisante de la structure factorielle, la validité de construit de l'échelle de mesure a été réalisée par une ACP. Dans un premier temps, l'évaluation des coefficients d'alpha de Cronbach est réalisée pour les trois sections du questionnaire. Dans un second temps, les composantes significatives sont spécifiées selon deux méthodes. L'une des approches consiste à utiliser la règle de l'ébouli de Cattell (Cattell, 1966). Celle-ci se base sur la taille des valeurs propres (*eigenvalue*) de chacune des composantes en fonction de leur ordre d'extraction. L'objectif est d'identifier le changement de pente dans le graphique, point de rupture entre les composantes importantes de celles à rejeter qui expliquent plutôt le « bruit » de toute observation de nature statistique. La deuxième approche répond au critère de Kaiser et consiste à comparer la variance expliquée pour chacune des composantes (Kaiser, 1958). Les composantes retenues démontrent une valeur propre supérieure à 1,00 (Busca et Toutain, 2009; Raïche, Langevin, Riopel et Maufette, 2006; Saporta, 2006). Dans un troisième temps, la valeur de saturation factorielle d'un énoncé est estimée et doit être égale ou supérieure à la valeur de 0,30 afin d'être conservée (Roussel, 2005). La représentation d'un énoncé est d'autant plus significative que la valeur du

coefficient de saturation est élevée. Ainsi, les énoncés ayant une valeur de saturation faible ont été éliminés ou modifiés. Dans un dernier temps, la consistance interne de chacune des composantes est évaluée à l'aide du logiciel Conquest 2.0. Ce logiciel permet d'obtenir une analyse de construit à partir d'un modèle de structuration à priori. Les coefficients d'alpha de Cronbach sont estimés pour chacune des composantes de la structure factorielle circonscrites. Le modèle *rating scale* (en *within-item* pour la conception évolutionniste) a été utilisé afin d'estimer la valeur de consistance interne (*EAP/PV reliability*) de chacune des composantes (Wu, Adams, Wilson et Haldane, 2007). Cette dernière étape permet d'éprouver la structure factorielle définie à priori à partir du modèle factoriel obtenu en ACP.

### **La phase de validation**

La phase de validation, dite phase confirmatoire dans son actualisation, est composée des dernières étapes, qui complètent le paradigme de Churchill, dont la deuxième collecte de données, l'estimation de la fiabilité et validité de l'échelle de mesure de même que le développement de normes (Churchill, 1979). Cette phase consiste à réduire l'erreur systématique, dépendante de la qualité de conception de l'échelle, par la reproduction des traitements statistiques de la phase exploratoire, en plus d'y joindre une analyse de type confirmatoire (Roussel, 2005).

#### *5. Deuxième collecte de données*

La version modifiée (épurée) du questionnaire est soumise à un nouvel échantillonnage. Les conditions de collecte de données sont identiques à celles réalisées à la troisième étape de la phase exploratoire. La formation d'un nouveau groupe de répondants permet d'apprécier la stabilité de la fiabilité de l'instrument de mesure et la stabilité de la structure factorielle (Roussel, 2005).

Cette deuxième collecte de données a permis de réunir 359 répondants ayant répondu à la totalité du questionnaire. Cette taille de l'échantillon est significative par sa proximité du seuil maximal souhaité (370 répondants).

#### *6. Estimer la fiabilité et la validité*

Les mêmes traitements statistiques présentés à l'étape de purification de l'instrument de mesure (étape 4) sont appliqués, dont l'analyse de fiabilité (alpha de Cronbach) et l'analyse de validité de construit par des ACP.

#### *7. Développer des normes*

Cette étape finale n'est envisageable que lorsque les analyses de la fiabilité et de la validité du questionnaire sont complétées. Les normes habituellement générées relèvent de moyennes et d'écart-types. Des analyses descriptives peuvent aussi être utilisées ainsi que le calcul de scores par catégorie (Roussel, 2005). Dans la section 3.4.3 sont explicitées les différentes normes qui ont été exploitées dans le cadre de cette étude, dont l'analyse descriptive, l'analyse statistique par modèle simple et l'analyse différenciée.

### **3.4.3 Traitement et analyse des données**

En fonction des objectifs et hypothèses de recherche, trois modèles statistiques sont appliqués, dont l'analyse statistique simple, l'analyse multidimensionnelle et une analyse différenciée.

Une première analyse statistique simple permet d'effectuer une analyse descriptive des conceptions et d'évaluer le degré de maîtrise des connaissances actualisées en biologie des répondants (Excell, Mystat 12). D'une part, ce type d'analyse met en perspective

les énoncés du questionnaire des conceptions qui sont acceptées ou rejetées au sein des répondants par l'estimation des fréquences. D'autre part, l'évaluation des résultats du questionnaire des connaissances actualisées en biologie est réalisée à l'aide de moyennes et des écarts-types pour chacun des groupes de répondants.

Une deuxième étape d'analyses multidimensionnelles est réalisée par ACP avec le logiciel Mystat 12 et par l'entremise du logiciel Conquest 2.0. Ces analyses permettent d'évaluer, à l'intérieur de la validité de construit, une validité discriminante par les indices de corrélation entre les dimensions; de sorte qu'elles ont corroboré et mis en relief le construit des données à caractère multidimensionnel. De ce fait, ces approches ont permis de vérifier la présence de conceptions distinctes (Bouroche et Saporta, 2002; Saporta, 2006).

Enfin, une dernière analyse différenciée, à l'aide d'un modèle multidimensionnel à deux construits, est réalisée au moyen du logiciel ConQuest 2.0. Les coefficients de régression permettent d'estimer l'effet des connaissances sur les conceptions du vivant des répondants (Wu *et al.*, 2007). L'analyse différenciée est combinée à une analyse de khi-carré qui permet d'estimer l'influence des connaissances en biologie sur le profil de conceptions d'un répondant. Deux groupes d'éléments seront considérés, dont 1) la relation entre les groupes formés en fonction de leur bagage de connaissances avec l'adhésion aux différentes conceptions, et 2) si l'adhésion à une conception influence l'adhésion à une autre.

#### **3.4.4 Considérations éthiques**

Tout d'abord, tous les documents sont soumis au Comité d'éthique de la recherche de l'UQAR (CÉR). Une fois l'émission des certificats d'éthique (CÉR-56-244 et CÉR-56-244(R1)), la démarche de recherche auprès de la population commence. Le mode de recrutement des répondants s'accomplit au moyen du courrier internet. L'approche

initiale consiste en l'envoi d'un message courriel distribué à la population ciblée dans cette étude (appendice B). Les étudiants sollicités signalent leur intérêt en répondant directement au questionnaire en ligne, à l'aide du serveur de l'UQAR, sous la section Sondage. Dans le but de limiter les désavantages, l'utilisation de la plateforme internet *Claroline* s'avère adéquate, car elle est facile d'accès, couramment utilisée et bien comprise par les étudiants de l'UQAR. Cette approche assure la confidentialité, c'est-à-dire qu'il est impossible de retrouver un répondant par le chercheur. La participation des sujets nécessite de leur part un certain investissement de temps relié seulement au temps d'exécution du questionnaire. Aucun déplacement ou processus de rencontre n'est exigé. Par ailleurs, ce questionnaire se veut un outil afin d'évaluer les conceptions, les connaissances et l'attitude relatives au vivant. Il pourrait être une source de réflexion pour celui qui y participe quant à ses positions dans sa compréhension du vivant. Le consentement s'effectue par la lecture du formulaire de consentement (appendice C) placé au début du questionnaire. La confirmation du consentement s'opère par la poursuite du questionnaire par le répondant. Enfin, les sujets sont volontaires et peuvent cesser de répondre au questionnaire à tout moment, et ce, sans aucun préjudice.

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

Au regard d'une méthodologie quantitative explicitée au chapitre précédant, cette recherche descriptive et exploratoire investigate les conceptions sur le vivant, les connaissances en biologie et l'attitude de futurs enseignants et biologistes de l'UQAR par l'entremise d'un nouvel outil. La mesure construite a permis de mettre en relief les interrelations entretenues entre ces trois concepts à l'étude.

Présentée antérieurement, la première étape du paradigme de Churchill a été réalisée lors de l'élaboration du cadre conceptuel (chapitre 2). Cette étape a permis de cerner un ensemble de conceptions sur le vivant à investiguer, de pointer des connaissances en biologie reflétant une compréhension actuelle et approfondie du vivant, et enfin, de cibler des enjeux relatifs au vivant. Ensuite, la deuxième étape a consisté à transposer les trois concepts centraux sous forme d'énoncés afin de faire état de la situation en interrogeant le phénomène à l'étude.

Ce présent chapitre s'inscrit dans les dernières étapes prescrites dans le paradigme de Churchill. D'une part sont présentés les résultats des étapes 3, 4, 5 et 6 concernant les deux collectes de données, la purification et l'estimation de la fiabilité, et la validité des trois échelles de mesure qui constituent le questionnaire (QCpV, QcoV et QA). Par une démarche flexible et itérative, il est plus accessible de présenter en blocs ces quatre étapes sans faire la démonstration des multiples « allers-retours » sollicités et souhaitables dans ce processus. C'est donc dans le but d'éviter la redondance et d'alléger la présentation des résultats que l'étude 1 (première collecte de données) et

l'étude 2 (deuxième collecte de données) sont présentées en parallèle. L'opérationnalisation de ce choix dans la présentation des résultats possède toutefois ses limites; de sorte que la phase exploratoire et la phase de validité peuvent sembler se confondre et positionner sur un même pied d'égalité les deux études. D'autre part, l'étape 7 clarifie l'importance de la deuxième collecte de données (étude 2) qui, à elle seule, contribue au développement de « normes ». Les normes se réfèrent aux résultats d'analyses obtenus de l'étude 2. Ceux-ci seront les résultats finaux de la recherche doctorale, source principale qui alimentera le chapitre de la discussion (chapitre V). Cette dernière étape consiste donc à faire émerger les éléments qui contribuent à cerner l'état de la situation à l'étude au regard des hypothèses initiales. En somme, l'ensemble des résultats est exposé et constitue le cœur de ce chapitre.

Les résultats sont présentés sous différents segments. Tout d'abord, la section 4.1 présente les données démographiques des populations à l'étude. À la section 4.2 sont exposés les différents indices de fiabilité et de validité du questionnaire. Ensuite, par l'entremise d'analyses statistiques descriptives, il a été possible d'estimer la fréquence et le pourcentage d'adhésion de tous les répondants confondus pour l'un ou l'autre des énoncés. D'une part, il est possible d'évaluer le taux d'acceptation ou de rejet d'énoncés constituant les conceptions. D'autre part, la maîtrise de concepts biologiques est estimée selon leur programme de formation en cours à l'aide de la partie « test » du questionnaire portant sur les connaissances. Cette importante étape soutient la constitution de deux groupes d'échantillons distincts selon le degré de maîtrise des concepts biologiques. Cette formation de deux groupes permet la poursuite des analyses quant à l'influence de connaissances sur les conceptions (section 4.5) et sur l'attitude des répondants (section 4.6). Subséquemment, à la section 4.4, une analyse multidimensionnelle des conceptions est effectuée par l'analyse en composante principale (ACP), suivie d'une analyse descriptive des conceptions. Par la suite, la section 4.5 présente les résultats des analyses différenciées et de distribution (khi-carré) qui estiment l'influence de la connaissance sur l'adhésion aux diverses conceptions du

vivant. Enfin, s'y ajoute une dernière analyse descriptive, sous la section 4.6, qui met en perspective la position relative des répondants sur des enjeux sociobiologiques sous l'angle de la connaissance.

#### **4.1 Données démographiques des populations à l'étude**

Les échantillons sont constitués de deux prises de données successives et indépendantes. Présentées au tableau 4.1, l'étude 1 (2009) et l'étude 2 (2011) constituent les étapes 3 et 5 du paradigme de Churchill.

**Tableau 4.1**  
 Nombre de répondants des études 1 et 2 selon la  
 formation universitaire

Programme d'études universitaires	Groupe	Étude 1 N = 184		Étude 2 N = 359			
		F	M	F	M		
Biologie	Gr1	24	1	8	32	25	7
Éducation – préscolaire et primaire	Gr2	49	4	4	111	104	7
Éducation – enseignement secondaire	Gr3	10	8	2	14	9	5
Éducation – enseignement secondaire – Profil Sciences et technologie	Gr4	6	5	1	5	5	0
Éducation – enseignement secondaire – Profil Univers social	Gr5	7	5	2	7	5	2
Éducation – enseignement professionnel	Gr6	31	2	7	98	65	33
Éducation – adaptation scolaire et sociale	Gr7	54	5	2	80	76	4
Programme d'étude inconnu		3	3	0	12	9	3

Le tableau suivant (4.2) indique le nombre de femmes et d'hommes ayant répondu aux questionnaires. Dans les études 1 et 2, 84,7 % et 83 % sont des répondants féminins. Cela s'explique, en partie, par le fait que les programmes en enseignement sont constitués majoritairement de femmes. À titre d'exemple, les enseignants en pratique aux niveaux préscolaire et primaire sont composés de 87,3 % de femmes (gouvernement du Canada, 2012). L'échantillon de l'étude reflète la réalité québécoise où le personnel enseignant compte 70 % de femmes (Ouellette, 2001). Enfin, cette même prédominance féminine est constatée auprès des étudiants et étudiantes de ces programmes à l'UQAR.

**Tableau 4.2**

Nombre de répondants féminin et masculin des études 1 et 2

	Étude 1	Étude 2
Féminin (F)	156	298
Masculin (M)	28	61

#### 4.2 Indices d'unidimensionnalité et de fiabilité de l'instrument de mesure

Avant de procéder à une analyse factorielle, le test de sphéricité de Bartlett<sup>16</sup> est effectué et donne une probabilité statistique qui indique s'il existe une solution factorielle statistiquement acceptable. En complémentarité, le test de KMO initie une mesure de l'échelle qui indique jusqu'à quel point l'ensemble de variables retenu est cohérent et constitue une mesure adéquate du concept. Une valeur supérieure<sup>17</sup> à 0,60 indique une intercorrélation des variables et l'analyse factorielle peut alors être poursuivie (Bourque *et al.*, 2006).

Au tableau 4.3 sont présentées les valeurs de test de Bartlett (khi-carré) et du test de KMO utilisées afin de vérifier la pertinence de procéder à une analyse multidimensionnelle. Pour le test de KMO, les valeurs supérieures à 0,60 dénotent la présence de facteurs latents liant les énoncés entre eux. Quant au test de sphéricité de

<sup>16</sup> « Prenant la forme d'un khi-carré, celui-ci teste l'hypothèse nulle selon laquelle la matrice des corrélations serait une matrice identité et qu'il n'existerait donc aucune relation entre les items. Si le résultat est significatif, l'hypothèse nulle est rejetée, signalant ainsi qu'il existe des corrélations inter-items » (Bourque *et al.*, 2006, p. 328)

<sup>17</sup> « Sa valeur varie de 0 à 1,1 indiquant un effet nul des corrélations partielles, ce qui équivaut à dire que les facteurs latents expliquent l'ensemble des corrélations entre items. Une valeur du KMO de 0,90 ou plus dénote un excellent ajustement des items aux facteurs latents; de 0,80 à 0,90 un bon ajustement; de 0,70 à 0,80 un ajustement moyen; de 0,60 à 0,70 un ajustement faible, et pour les valeurs inférieures à 0,60, l'ajustement est insuffisant. » (Bourque *et al.*, 2006, p. 328)

Bartlett, les valeurs significatives informent qu'il y a corrélation entre les énoncés. Ces indices justifient la poursuite d'analyses des données sous une perspective multidimensionnelle.

**Tableau 4.3**  
Indices Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) et test de Bartlett pour  
les trois sections du questionnaire

Questionnaire des conceptions (QCpV)		
	Étude 1	Étude 2
KMO	0,607	0,708
Test de sphéricité de Bartlett	653,5 <i>ddl = 190, p = 0,000</i>	1154,5 <i>ddl = 210, p = 0,000</i>
Questionnaire des connaissances (QcoV)		
	Étude 1	Étude 2
KMO	0,778	0,794
Test de sphéricité de Bartlett	410,31 <i>ddl = 78, p = 0,000</i>	637,95 <i>ddl = 78, p = 0,000</i>
Questionnaire d'attitudes (QA)		
	Étude 1	Étude 2
KMO	0,708	0,696
Test de sphéricité de Bartlett	130,09 <i>ddl = 21, p = 0,000</i>	240,639 <i>ddl = 21, p = 0,000</i>

Par la suite, l'estimation des coefficients d'alpha de Cronbach ( $\alpha$ ) est réalisée pour les trois échelles de mesure du questionnaire qui interrogent les conceptions (QCpV), les connaissances (QcoV) et l'attitude (QA) à l'aide du logiciel *Mystat 12*. Cet indice de fiabilité, qui exprime une cohérence interne, peut varier entre les valeurs de 0 et 1 (Schmitt, 1996). Il indique si l'ensemble des énoncés appréhende bel et bien un même phénomène, en d'autres mots, si la section du questionnaire mesure bien le concept

ciblé. Traditionnellement, les valeurs significatives de l'alpha de Cronbach ( $\alpha$ ) ont été associées à une valeur supérieure à 0,7. Cortina (1993) énonce qu'une faible valeur  $\alpha$  peut être associée à des données multidimensionnelles. De plus, selon le domaine de recherche, la valeur « seuil d'acceptabilité » peut varier entre 0,6 et 0,8 (Cortina, 1993; Ryu et Smith-Jackson, 2006).

Illustré au tableau 4.4, l'estimé de fiabilité pour l'échelle globale des conceptions indique des valeurs  $\alpha$  pour l'étude 1 de 0,764 et pour l'étude 2 de 0,763. Par ailleurs, les valeurs  $\alpha$  du questionnaire des connaissances sont, pour les études 1 et 2, de 0,748 et 0,715 respectivement. Enfin, les valeurs  $\alpha$  sont plus faibles pour le questionnaire d'attitudes avec 0,611 et 0,564 pour les études 1 et 2 respectivement. En référence aux valeurs seuils recensées, les indices obtenus évoquent la capacité de l'ensemble du questionnaire à mesurer, avec une constance significative, un ensemble de conceptions, de connaissances relatives au vivant et d'attitudes envers des enjeux sociobiologiques. Quant au critère de fiabilité, les valeurs globales de consistance interne ne se voient pas modifiées grandement d'une étude à l'autre. Cette capacité de l'instrument à mesurer avec constance les concepts investigués, d'une étude à l'autre à trois années d'intervalles, concède une forme d'objectivité de l'outil et sa disposition à mesurer avec stabilité et fidélité ces concepts.

**Tableau 4.4**  
Alpha de Cronbach ( $\alpha$ )

Étude 1	Étude 2
Questionnaire des conceptions (QCpV)	Questionnaire des conceptions (QCpV)
0,764	0,763
Questionnaire des connaissances (QcoV)	Questionnaire des connaissances (QcoV)
0,748	0,715
Questionnaire d'attitudes (QA)	Questionnaire d'attitudes (QA)
0,611	0,564

### 4.3 Analyse statistique descriptive simple

Un premier niveau d'analyse statistique donne accès à un regard d'ordre descriptif des données. D'une part, les résultats illustrent le taux d'adhésion des répondants à l'un ou l'autre des énoncés du questionnaire des conceptions (QCpV). D'autre part, l'analyse statistique des données obtenues au « test » sur les connaissances (QcoV) permet d'évaluer le degré de maîtrise pour chacun des répondants.

#### 4.3.1 Description générale des conceptions du vivant

Par l'entremise d'analyses statistiques descriptives sont obtenues les fréquences de réponses et le taux d'adhésion à l'un ou l'autre des énoncés, constituant des conceptions paradigmatiques. En se référant au tableau 4.5 et à l'appendice D, les statistiques sont illustrées pour tous les énoncés du QCpV. Ces dernières permettent de cerner les taux d'acceptation et de rejet pour l'ensemble des répondants, toute formation confondue. À partir de ces statistiques, une évaluation des taux d'assentiment, traduit sous forme de pourcentage, permet de porter un regard descriptif de l'état du phénomène. D'une

part, les énoncés aisément acceptés, c'est-à-dire pour plus de 80 % des répondants, relèvent essentiellement du finalisme, du mécanisme et de l'évolutionnisme (tableau 4.6). D'autre part, les énoncés fortement rejetés relèvent principalement des conceptions déterministe et fixiste du vivant (tableau 4.7).

Tableau 4.5

Fréquences (*f*) et pourcentage (%) de réponses de tous les répondants selon la modalité sur l'échelle de Likert et sur la moyenne des réponses négatives et positives

			Échelle de Likert					
			1	2	3	4	somme -	somme +
<b>FINALISME</b>								
<b>Q19</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>101</b>	<b>68</b>	28	169
		%	4,6	9,6	51,3	34,5	<b>14,2</b>	<b>85,8</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>183</b>	<b>132</b>	56	315
		%	5,9	9,2	49,3	35,6	<b>15,1</b>	<b>84,9</b>
<b>Q22</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>74</b>	<b>108</b>	12	182
		%	2,6	3,6	38,1	55,7	<b>6,2</b>	<b>93,8</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>149</b>	<b>194</b>	26	343
		%	2,4	4,6	40,4	52,6	<b>7,0</b>	<b>93,0</b>
<b>Q21</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>79</b>	<b>104</b>	14	183
		%	2,5	4,6	40,1	52,8	<b>7,1</b>	<b>92,9</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>142</b>	<b>204</b>	25	346
		%	2,4	4,3	38,3	55,0	<b>6,7</b>	<b>93,3</b>
<b>ANIMISME</b>								
<b>Q32</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>21</b>	<b>45</b>	<b>86</b>	<b>34</b>	66	120
		%	11,3	24,2	46,2	18,3	<b>35,5</b>	<b>64,5</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>47</b>	<b>66</b>	<b>178</b>	<b>75</b>	113	253
		%	12,8	18,0	48,6	20,5	<b>30,9</b>	<b>69,1</b>
<b>Q40</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>49</b>	<b>77</b>	<b>47</b>	<b>11</b>	126	58
		%	26,6	41,8	25,5	6,0	<b>68,5</b>	<b>31,5</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>91</b>	<b>151</b>	<b>104</b>	<b>19</b>	242	123
		%	24,9	41,4	28,5	5,2	<b>66,3</b>	<b>33,7</b>
<b>VITALISME</b>								
<b>Q35</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>84</b>	<b>15</b>	85	99
		%	19,0	27,2	45,7	8,2	<b>46,2</b>	<b>53,8</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>69</b>	<b>96</b>	<b>159</b>	<b>46</b>	165	205
		%	18,6	25,9	43,0	12,4	<b>44,6</b>	<b>55,4</b>
<b>Q43</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>33</b>	<b>61</b>	<b>81</b>	<b>10</b>	94	91
		%	17,8	33,0	43,8	5,4	<b>50,8</b>	<b>49,2</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>72</b>	<b>110</b>	<b>144</b>	<b>32</b>	182	176
		%	20,1	30,7	40,2	8,9	<b>50,8</b>	<b>49,2</b>
<b>MÉCANISME</b>								
<b>Q36</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>5</b>	<b>38</b>	<b>112</b>	<b>31</b>	43	143
		%	2,7	20,4	60,2	16,7	<b>23,1</b>	<b>76,9</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>20</b>	<b>78</b>	<b>214</b>	<b>57</b>	98	271
		%	5,4	21,1	58,0	15,4	<b>26,6</b>	<b>73,4</b>
<b>Q37</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>24</b>	<b>59</b>	<b>90</b>	<b>12</b>	83	102
		%	13,0	31,9	48,6	6,5	<b>44,9</b>	<b>55,1</b>

		1	2	3	4	somme -	somme +
Étude 2	<i>f</i>	37	127	177	26	164	203
	%	10,1	34,6	48,2	7,1	44,7	55,3
<b>FIXISME</b>							
Q30 Étude 1	<i>f</i>	156	28	2	2	184	4
	%	83,0	14,9	1,1	1,1	97,9	2,1
Étude 2	<i>f</i>	294	66	6	3	360	9
	%	79,7	17,9	1,6	0,8	97,6	2,4
<b>TRANSFORMISME</b>							
Q15 Étude 1	<i>f</i>	133	44	19	0	177	19
	%	67,9	22,4	9,7	0,0	90,3	9,7
Étude 2	<i>f</i>	218	122	28	2	340	30
	%	58,9	33,0	7,6	0,5	91,9	8,1
Q34 Étude 1	<i>f</i>	29	68	65	24	97	89
	%	15,6	36,6	34,9	12,9	52,2	47,8
Étude 2	<i>f</i>	58	126	143	43	184	186
	%	15,7	34,1	38,6	11,6	49,7	50,3
Q38 Étude 1	<i>f</i>	55	78	44	8	133	52
	%	29,7	42,2	23,8	4,3	71,9	28,1
Étude 2	<i>f</i>	94	164	97	10	258	107
	%	25,8	44,9	26,6	2,7	70,7	29,3
<b>ÉVOLUTIONNISME</b>							
Q23 Étude 1	<i>f</i>	21	52	101	20	73	121
	%	10,8	26,8	52,1	10,3	37,6	62,4
Étude 2	<i>f</i>	24	94	204	45	118	249
	%	6,5	25,6	55,6	12,3	32,2	67,8
Q31 Étude 1	<i>f</i>	3	7	60	118	10	178
	%	1,6	3,7	31,9	62,8	5,3	94,7
Étude 2	<i>f</i>	7	23	131	208	30	339
	%	1,9	6,2	35,5	56,4	8,1	91,9
Q47 Étude 1	<i>f</i>	-	-	-	-	-	-
	%	-	-	-	-	-	-
Étude 2	<i>f</i>	23	32	182	122	55	304
	%	6,4	8,9	50,7	34,0	15,3	84,7
<b>RÉDUCTIONNISME</b>							
Q20 Étude 1	<i>f</i>	28	35	70	63	63	133
	%	14,3	17,9	35,7	32,1	32,1	67,9
Étude 2	<i>f</i>	43	66	156	105	109	261
	%	11,6	17,8	42,2	28,4	29,5	70,5
Q39 Étude 1	<i>f</i>	17	58	88	22	75	110
	%	9,2	31,4	47,6	11,9	40,5	59,5
Étude 2	<i>f</i>	21	129	193	24	150	217
	%	5,7	35,2	52,6	6,5	40,9	59,1

			1	2	3	4	somme -	somme +
<b>DÉTERMINISME</b>								
<b>Q11</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>74</b>	<b>67</b>	<b>50</b>	<b>6</b>	141	56
		%	37,6	34,0	25,4	3,0	<b>71,6</b>	<b>28,4</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>118</b>	<b>143</b>	<b>88</b>	<b>22</b>	261	110
		%	31,8	38,5	23,7	5,9	<b>70,4</b>	<b>29,7</b>
<b>Q12</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>45</b>	<b>56</b>	<b>87</b>	<b>8</b>	101	95
		%	23,0	28,6	44,4	4,1	<b>51,5</b>	<b>48,5</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>65</b>	<b>137</b>	<b>152</b>	<b>15</b>	202	167
		%	17,6	37,1	41,2	4,1	<b>54,7</b>	<b>45,3</b>
<b>Q13</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>64</b>	<b>81</b>	<b>41</b>	<b>10</b>	145	51
		%	32,7	41,3	20,9	5,1	<b>74,0</b>	<b>26,0</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>108</b>	<b>160</b>	<b>87</b>	<b>15</b>	268	102
		%	29,2	43,2	23,5	4,1	<b>72,4</b>	<b>27,6</b>
<b>Q14</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>37</b>	<b>50</b>	<b>82</b>	<b>28</b>	87	110
		%	18,8	25,4	41,6	14,2	<b>44,2</b>	<b>55,8</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>64</b>	<b>88</b>	<b>162</b>	<b>57</b>	152	219
		%	17,3	23,7	43,7	15,4	<b>41,0</b>	<b>59,0</b>
<b>Q16</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>123</b>	<b>57</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	180	17
		%	62,4	28,9	7,6	1,0	<b>91,4</b>	<b>8,6</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>217</b>	<b>104</b>	<b>49</b>	<b>1</b>	321	50
		%	58,5	28,0	13,2	0,3	<b>86,5</b>	<b>13,5</b>
<b>Q18</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>42</b>	<b>78</b>	<b>73</b>	<b>4</b>	120	77
		%	21,3	39,6	37,1	2,0	<b>60,9</b>	<b>39,1</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>46</b>	<b>152</b>	<b>157</b>	<b>12</b>	198	169
		%	12,5	41,4	42,8	3,3	<b>54,0</b>	<b>46,0</b>
<b>Q24</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>42</b>	<b>89</b>	<b>56</b>	<b>6</b>	131	62
		%	21,8	46,1	29,0	3,1	<b>67,9</b>	<b>32,1</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>59</b>	<b>169</b>	<b>119</b>	<b>21</b>	228	140
		%	16,0	45,9	32,3	5,7	<b>62,0</b>	<b>38,0</b>
<b>Q25</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>66</b>	<b>94</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	160	34
		%	34,0	48,5	15,5	2,1	<b>82,5</b>	<b>17,5</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>117</b>	<b>176</b>	<b>70</b>	<b>7</b>	293	77
		%	31,6	47,6	18,9	1,9	<b>79,2</b>	<b>20,8</b>
<b>Q27</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>109</b>	<b>68</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	177	12
		%	57,7	36,0	5,3	1,1	<b>93,7</b>	<b>6,3</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>189</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	333	34
		%	51,5	39,2	8,2	1,1	<b>90,7</b>	<b>9,3</b>
<b>Q33</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>30</b>	<b>48</b>	<b>89</b>	<b>20</b>	78	109
		%	16,0	25,7	47,6	10,7	<b>41,7</b>	<b>58,3</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>62</b>	<b>104</b>	<b>156</b>	<b>41</b>	166	197
		%	17,1	28,7	43,0	11,3	<b>45,7</b>	<b>54,3</b>
<b>Q42</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>23</b>	<b>37</b>	<b>102</b>	<b>23</b>	60	125
	%	12,4	20,0	55,1	12,4	<b>32,4</b>	<b>67,6</b>	

			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	somme -	somme +
<b>Q42</b>	Étude 2	<i>f</i>	<b>19</b>	<b>80</b>	<b>210</b>	<b>51</b>	99	261
		%	5,3	22,2	58,3	14,2	<b>27,5</b>	<b>72,5</b>
<b>Q44</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>48</b>	<b>94</b>	<b>41</b>	<b>2</b>	142	43
		%	25,9	50,8	22,2	1,1	<b>76,8</b>	<b>23,2</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>79</b>	<b>176</b>	<b>104</b>	<b>2</b>	255	106
		%	21,9	48,8	28,8	0,6	<b>70,6</b>	<b>29,4</b>
<b>Q45</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>100</b>	<b>69</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	169	14
		%	54,6	37,7	6,6	1,1	<b>92,4</b>	<b>7,7</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>167</b>	<b>143</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	310	52
		%	46,1	39,5	11,9	2,5	<b>85,6</b>	<b>14,4</b>
<b>INTERACTIONNISME</b>								
<b>Q17</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>25</b>	<b>59</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	84	112
		%	12,8	30,1	45,9	11,2	<b>42,9</b>	<b>57,1</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>62</b>	<b>105</b>	<b>167</b>	<b>36</b>	167	203
		%	16,8	28,4	45,1	9,7	<b>45,1</b>	<b>54,9</b>
<b>Q26</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>27</b>	<b>66</b>	<b>80</b>	<b>21</b>	93	101
		%	13,9	34,0	41,2	10,8	<b>47,9</b>	<b>52,1</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>54</b>	<b>124</b>	<b>147</b>	<b>45</b>	178	192
		%	14,6	33,5	39,7	12,2	<b>48,1</b>	<b>51,9</b>
<b>Q29</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>85</b>	<b>61</b>	42	146
		%	7,4	14,9	45,2	32,4	<b>22,3</b>	<b>77,7</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>15</b>	<b>48</b>	<b>195</b>	<b>112</b>	63	307
		%	4,1	13,0	52,7	30,3	<b>17,0</b>	<b>83,0</b>
<b>Q41</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>21</b>	<b>45</b>	<b>93</b>	<b>27</b>	66	120
		%	11,3	24,2	50,0	14,5	<b>35,5</b>	<b>64,5</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>33</b>	<b>114</b>	<b>177</b>	<b>38</b>	147	215
		%	9,1	31,5	48,9	10,5	<b>40,6</b>	<b>59,4</b>
<b>Q46</b>	Étude 1	<i>f</i>	<b>23</b>	<b>40</b>	<b>88</b>	<b>33</b>	63	121
		%	12,5	21,7	47,8	17,9	<b>34,2</b>	<b>65,8</b>
	Étude 2	<i>f</i>	<b>39</b>	<b>104</b>	<b>184</b>	<b>36</b>	143	220
		%	10,7	28,7	50,7	9,9	<b>39,4</b>	<b>60,6</b>

**Tableau 4.6**

Énoncés acceptés par plus de 80 % des répondants pour les études 1 et 2

Q22	La nature a doté l'humain de dents, car il doit manger, couper et mâcher ses aliments.
Q19	L'être humain doit saisir, attraper et manipuler des choses, c'est pourquoi il a des mains.
Q21	Les plantes ont développé des racines, ceci leur permet donc d'aller puiser de l'eau dans le sol.
Q31	La sélection naturelle favorise les organismes vivants les mieux adaptés à leur milieu.
Q47	Les êtres humains, tels que nous les connaissons, se sont développés à partir d'animaux antérieurs.

**Tableau 4.7**

Énoncés rejetés par plus de 80 % des répondants pour les études 1 et 2

Q30	Chaque espèce animale apparaît sur Terre telle qu'observée et ne subira aucune transformation dans le temps.
Q15	Un homme qui développe ses muscles toute sa vie par la musculation transmettra cette performance musculaire à ses descendants.
Q16	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux identiques ont des cerveaux identiques, et donc des comportements et des façons de penser identiques.
Q27	Il y a peu que l'on puisse faire pour devenir plus intelligent, car les capacités de chacun sont fixées d'avance par leurs gènes.
Q45	Tout être humain sera atteint uniquement des maladies auxquelles il a une prédisposition génétique.

### **4.3.2 Questionnaire des connaissances sur le vivant (QcoV)**

L'évaluation de la maîtrise de concepts biologiques s'effectue à l'aide de la section du questionnaire des connaissances qui est constitué de 13 énoncés. Dans un premier temps, les résultats au questionnaire sont compilés sous forme de moyenne obtenue pour chacun des répondants regroupés selon leur programme de formation universitaire. Ensuite, selon leur performance au QcoV, deux groupes d'analyse ont été formés, soit Gr0Co et Gr1Co. Le groupe Gr1Co rassemble les répondants démontrant une maîtrise nettement significative des connaissances évaluées. Étroitement lié aux programmes d'études en sciences, le Gr1Co comprend les étudiants en biologie et ceux en enseignement des sciences et technologie. Enfin, la réussite pour chacun des énoncés de ces deux groupes (Gr0Co et Gr1Co) est estimée par des analyses statistiques descriptives.

#### **4.3.2.1 Formation des groupes d'analyse Gr0Co et Gr1Co**

Dans un premier temps, le niveau de connaissances selon le degré de maîtrise des concepts pour chacun des répondants est évalué, et ce, en fonction de leur formation en cours. Présentée au tableau 4.8, une distinction marquée entre les groupes de formation est observée, notamment par la performance significative des étudiants de biologie (Gr1) et en enseignement en sciences et technologie (Gr4). En effet, les groupes Gr1 et Gr4 se démarquent par des moyennes de 9,8 points et 10,3 points respectivement pour l'étude 1 et de 10,0 points et 10,2 points pour l'étude 2 (sur un total de 13 points).

**Tableau 4.8**

Moyenne au questionnaire des connaissances en fonction des programmes d'études universitaires pour les études 1 et 2 (sur un total de 13 points)

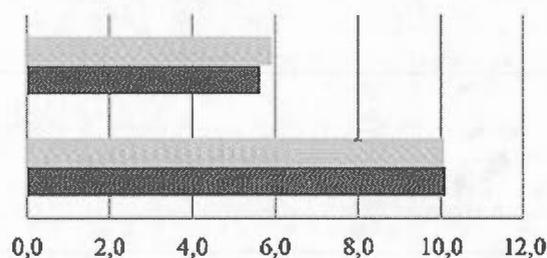
Programmes d'études universitaires		Étude 1		Étude 2	
		moyenne	é.-type	moyenn e	é.-type
Biologie	Gr 1	<b>9,8</b>	1,3	<b>10,0</b>	1,5
Éducation – préscolaire et primaire	Gr 2	6,0	2,5	5,6	2,6
Éducation – enseignement secondaire	Gr 3	6,8	2,1	6,8	3,4
Éducation – enseignement secondaire – Profil Sciences et technologie	Gr 4	<b>10,3</b>	1,0	<b>10,2</b>	0,8
Éducation – enseignement secondaire – Profil Univers social	Gr 5	5,6	3,7	4,4	2,0
Éducation – enseignement professionnel	Gr 6	5,1	2,1	5,3	0,5
Éducation – adaptation scolaire et sociale	Gr 7	6,1	2,6	6,1	2,7
Autres (non identifié)		5,0	1,0	4,8	2,7

Au regard des résultats au questionnaire de connaissances, deux groupes furent constitués, s'avérant en adéquation avec leur formation scientifique dans le cadre de leur programme d'études. Représenté au graphique 4.1, un premier groupe (Gr1Co) fusionne les étudiants en biologie (Gr1) et ceux en enseignement en ST (Gr4) et présente une moyenne de 10,1 points pour les deux études. Le second groupe (Gr0Co) est composé de tous les autres ordres d'étudiants en enseignement qui, par leur parcours académique, n'ont pu s'approprier un ensemble de connaissances avancées en biologie et qui teintent leur performance au QcoV. Le groupe Gr0Co présente des moyennes de 5,9 points et 5,6 points pour les études 1 et 2 respectivement. La formation du groupe Gr1Co, dit « de connaissances », permettra de réaliser, ultérieurement, une analyse différenciée sur l'influence que peuvent avoir les connaissances en biologie sur la

structure multidimensionnelle des conceptions du vivant et sur l'attitude envers les enjeux relatifs au vivant.

**Graphique 4.1** Moyenne des groupes Gr1Co et Gr0Co en fonction des résultats obtenus au questionnaire des connaissances

		Moyenne	Écart-type	N
■ Étude 1 p < 0,001	Gr0Co	5,88	2,49	154
	Gr1Co	10,06	1,24	30
■ Étude 2 p < 0,001	Gr0Co	5,56	2,66	322
	Gr1Co	10,05	1,45	37



#### 4.3.2.2 Analyse descriptive des groupes Gr0Co et Gr1Co

L'analyse descriptive des résultats au QcoV met en relief les fréquences ( $f$ ) et les pourcentages (%) de réussite ou d'échec pour chacun des énoncés en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co (tableaux 4.9 et 4.10).

Comme observé au tableau 4.10, le groupe Gr0Co démontre des pourcentages de réussite décroissants (entre 88,9 % à 52,9 %) aux quatre énoncés suivants : *Certains gènes sont récessifs et d'autres dominants (Q63)*; *La moitié de notre génétique est héritée de la mère et l'autre du père (Q58)*; *ADN : principale composante d'un chromosome et support biochimique des caractères héréditaires (Q67)*; et *Les jumeaux*

*identiques n'ont pas le même ADN* (Q60). Cela révèle une certaine appropriation terminologique en génétique ainsi qu'une relative compréhension de base de la génétique héréditaire (ADN, récessif, dominant). Toutefois, une minorité des répondants du groupe Gr0Co démontre un faible pourcentage de réussite aux neuf autres énoncés du QcoV dont les valeurs moyennes oscillent entre 9,1 % et 47,7 %.

Par ailleurs, on observe un meilleur taux de réussite au QcoV pour l'ensemble des répondants du Gr1Co, allant de 67,6 % à 96,7 %, sauf pour les énoncés Q60 et Q62. L'énoncé *Les jumeaux identiques n'ont pas le même ADN* (Q60) est largement nuancé par le groupe Gr1Co où 80 % et 76,5 % n'acquiescent pas à une nette similitude génétique existant entre jumeaux homozygotes (identiques). De plus, 86,7 % et 85,3 % n'approuvent pas ou ne semblent pas connaître le concept récent d'épigénétique exposé par l'énoncé *L'épigénétique est la transmission de caractéristiques acquises pendant la vie d'un individu* (Q62).

**Tableau 4.9**

Tableau des réponses traduites en fréquence (*f*) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co des études 1 et 2  
(0 = mauvaise réponse ou je ne sais pas et 1=bonne réponse)

Fréquence ( <i>f</i> )		Étude 1			Étude 2		
		0	1	N	0	1	N
Q56	Gr0	103	51	154	222	107	329
	Gr1	7	23	30	11	23	34
Q57	Gr0	119	35	154	248	80	328
	Gr1	6	24	30	10	24	34
Q58	Gr0	57	97	154	120	209	329
	Gr1	2	28	30	2	32	34
Q59	Gr0	61	93	154	154	173	327
	Gr1	3	27	30	6	27	33
Q60	Gr0	80	73	153	198	129	327
	Gr1	24	6	30	26	8	34
Q61	Gr0	92	62	154	188	138	326
	Gr1	5	25	30	5	29	34
Q62	Gr0	140	14	154	284	41	325
	Gr1	26	4	30	29	5	34
Q63	Gr0	17	136	153	48	281	329
	Gr1	2	28	30	2	32	34
Q64	Gr0	106	48	154	218	109	327
	Gr1	8	22	30	9	25	34
Q65	Gr0	75	79	154	176	152	328
	Gr1	3	27	30	4	30	34
Q66	Gr0	104	50	154	229	95	324
	Gr1	2	27	29	3	31	34
Q67	Gr0	57	96	153	128	196	324
	Gr1	1	29	30	3	31	34
Q68	Gr0	82	72	154	192	132	324
	Gr1	3	27	30	7	27	34

**Tableau 4.10**

Tableau des réponses traduites en pourcentage (%) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co des études 1 et 2  
(0 = mauvaise réponse ou je ne sais pas et 1=bonne réponse)

Pourcentage (%)		Étude 1		Étude 2	
		0	1	0	1
Q56	Gr0	66,9	33,1	67,5	32,5
	Gr1	23,3	76,7	32,4	67,6
Q57	Gr0	77,3	22,7	75,6	24,4
	Gr1	20	80	29,4	70,6
Q58	Gr0	37	63	36,5	63,5
	Gr1	6,7	93,3	5,9	94,1
Q59	Gr0	39,6	60,4	47,1	52,9
	Gr1	10	90	18,2	81,8
Q60	Gr0	52,3	47,7	60,6	39,5
	Gr1	80	20	76,5	23,5
Q61	Gr0	59,7	40,3	57,7	42,3
	Gr1	16,7	83,3	14,7	85,3
Q62	Gr0	90,9	9,1	87,4	12,6
	Gr1	86,7	13,3	85,3	14,7
Q63	Gr0	11,1	88,9	14,6	85,4
	Gr1	6,7	93,3	5,9	94,1
Q64	Gr0	68,8	31,2	66,7	33,3
	Gr1	26,7	73,3	26,5	73,5
Q65	Gr0	48,7	51,3	53,7	46,3
	Gr1	10	90	11,8	88,2
Q66	Gr0	67,5	32,5	70,7	29,3
	Gr1	6,9	93,1	8,8	91,2
Q67	Gr0	37,3	62,7	39,5	60,5
	Gr1	3,3	96,7	8,8	91,2
Q68	Gr0	53,2	46,8	59,3	40,7
	Gr1	10	90	20,6	79,4

#### 4.4 Analyse exploratoire des conceptions du vivant

L'analyse en composante principale (ACP)<sup>18</sup> est utilisée afin d'avoir accès à la structuration multidimensionnelle des conceptions, de façon à déterminer le nombre de composantes à extraire des données. Cette approche permet d'expliquer une importante portion de la variance par une diminution de la masse d'informations en un nombre limité de composantes. Le QCpV est la section du questionnaire la plus complexe par la présence de diverses conceptions, c'est-à-dire de sous-concepts distincts, d'où l'importance de valider son construit multidimensionnel et d'en extraire les composantes.

En premier lieu, le nombre de composantes à extraire du QCpV est vérifié à l'aide de deux méthodes d'extraction complémentaires (section 4.4.1). Par la suite, l'utilisation de la matrice de structure en ACP permet d'examiner la composition, en énoncés, de chacune de ses composantes (section 4.4.2). Cette étape d'analyse permet de valider le construit en vérifiant la structure factorielle interne du QCpV. La disposition des énoncés est alors examinée selon leur manière de se regrouper et au regard du construit à priori soutenu par le cadre conceptuel. L'alpha de Cronbach est de nouveau calculé pour chaque composante afin de vérifier leur fiabilité (section 4.4.3). Enfin, une analyse de corrélation est effectuée de façon à vérifier la force de relations entre chacune d'elles (section 4.4.4).

---

<sup>18</sup> Application d'une rotation orthogonale *varimax* afin de faciliter l'interprétation de la structure factorielle et d'avoir un ajustement optimal de la distribution des données (Bourque *et al.*, 2006).

#### 4.4.1 Les cinq composantes du questionnaire des conceptions (QCpV)

Pour discerner le nombre de composantes à extraire, les méthodes d'extraction<sup>19</sup> selon le critère de Kaiser et la règle de l'éboulis de Cattell sont utilisées (Busca et Toutain, 2009; Cattell, 1966; Raïche *et al.*, 2006; Saporta, 2006). Appliquées aux études 1 et 2, ces deux approches révèlent la présence de cinq composantes significatives.

Selon le critère de Kaiser, la première composante de la structure multidimensionnelle possède, pour les études 1 et 2, des valeurs propres de 2,9, qui expliquent 8,0 % et 7,9 % de la variance totale. La deuxième composante présente des valeurs propres de 2,7 et 2,5, expliquant 7,4 % et 6,2 % de la variance totale. La troisième composante possède des valeurs propres de 2,5 et 2,7, qui expliquent 7,0 % et 7,3 % de la variance totale. Quant à la quatrième composante, elle a des valeurs propres de 2,5, qui expliquent 6,9 % de la variance totale. Enfin, la dernière composante présente des valeurs propres équivalentes à 2,5 et 2,3, expliquant 6,4 % et 5,5 % de la variance totale. En somme, le questionnaire des conceptions, regroupant cinq composantes, possèdent une variance totale expliquée de 35,7 % et 34,4 % respectivement (tableaux 4.11 et 4.12).

Il est à noter que le pourcentage de la variance expliquée totale désigne la variance expliquée entre tous les répondants à partir d'indicateurs, tels que les énoncés d'un questionnaire. Plus la variance expliquée totale est élevée, plus les indicateurs sont précis. Dans ce cas-ci, le questionnaire des conceptions, tel que conçu initialement (composé de 37 énoncés), démontre une capacité relative d'explications; de sorte que

---

<sup>19</sup> Le critère de Kaiser consiste à comparer la variance expliquée pour chacune des composantes. Les composantes retenues démontrent une valeur propre supérieure à 1,00. La règle de l'éboulis de Cattell se base sur la taille des valeurs propres (*eigenvalue*) de chacune des composantes en fonction de leur ordre d'extraction. L'objectif est d'identifier le changement de pente dans le graphique, point de rupture entre les composantes importantes de celles à rejeter, qui expliqueraient plutôt le « bruit » de fond (Busca et Toutain, 2009; Raïche *et al.*, 2006; Saporta, 2006).

dans son état initial, le QCpV explique que 35,7 % et 34,4 % des résultats. Ainsi, comme prévu dans les étapes du paradigme de Churchill, un travail de purification du QCpV se réalise de façon à obtenir une meilleure capacité explicative.

**Tableau 4.11**

Valeurs propres des cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2 (*eigenvalues*)

Composantes :	1	2	3	4	5
Étude 1	2,9	2,7	2,5	2,5	2,3
Étude 2	2,9	2,5	2,7	2,5	2,0

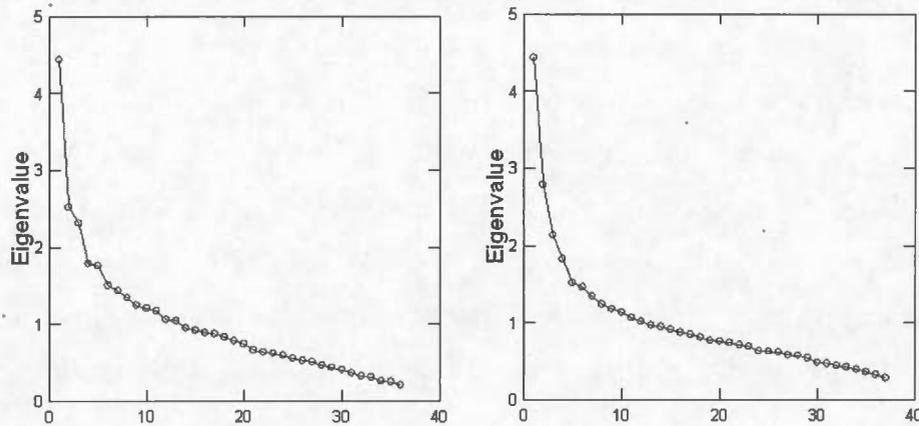
**Tableau 4.12**

Pourcentage (%) de la variance expliquée pour les cinq composantes obtenues par ACP pour les études 1 et 2

Composantes :	1	2	3	4	5	% de variance accumulée
Étude 1	8,0	7,4	7,0	6,9	6,4	<b>35,7 %</b>
Étude 2	7,9	6,8	7,3	6,9	5,5	<b>34,4 %</b>

À partir de l'analyse graphique obtenue par la règle de l'éboullis de Cattell (graphique 4.2), le début de « l'éboullis » débute au sixième point. Ce qui, selon cette règle, suggère la présence de cinq dimensions significatives, soit les cinq premiers points du graphique.

**Graphique 4.2** Règle de l'éboullis de Cattell pour les études 1 et 2



En somme, les deux approches d'extraction convergent dans le même sens, c'est-à-dire qu'elles témoignent de la présence de cinq grandes composantes indiquant que le QCpV permet de différencier cinq regroupements de conceptions sur le vivant auprès de l'ensemble des répondants.

#### 4.4.2 Fiabilité et validité de construit des cinq composantes

Cette étape approfondit la nature des cinq composantes par leur composition en énoncés. Elle est source d'une première vérification de la consistance interne pour chacun des construits, à savoir si chacune des composantes regroupe les énoncés d'une même conception.

Afin d'obtenir une structure simplifiée des variables, la matrice avec une rotation orthogonale (varimax) est choisie pour déterminer la composition multidimensionnelle des conceptions. Une valeur de saturation factorielle égale ou supérieure à 0,30 est considérée significative, c'est-à-dire que cette valeur reflète une saturation adéquate

des variables sur la composante (Roussel, 2005). La représentation de l'énoncé est d'autant significative que la valeur du coefficient de saturation est élevée. Ce critère de sélection est majeur dans le maintien ou non d'un énoncé dans le cadre des analyses qui suivront. Un second critère est appliqué, soit la cohérence d'un énoncé à saturer sur une composante qui lui est théoriquement assignée. Ces deux critères impliquent donc une forme de renoncement, qui consiste à envisager le retrait de certains énoncés qui neaturent sur aucune composante ou de façon incohérente avec le construit à priori. D'ordre plus général, cet exercice de purification de l'instrument sollicite une attention particulière et critique afin de ne pas dénaturer l'essence même des conceptions étudiées.

Exposée au tableau 4.13, la matrice de structure illustre la composition interne des cinq composantes, dont le bas du tableau expose les énoncés qui ont été retirés du questionnaire pour les analyses ultérieures; de sorte que sur l'ensemble des 37 énoncés du questionnaire des conceptions, qui ont contribué aux analyses descriptives (section 4.3.1), seuls 21 énoncés ont été conservés pour les analyses subséquentes, c'est-à-dire pour les analyses confirmatoires (section 4.4) et différenciées (section 4.5). Illustrés au tableau 4.14, 16 énoncés ont été retirés pour différentes raisons explicitées dans le paragraphe suivant.

Tableau 4.13

Matrice de structure des études 1 et 2 en ACP<sup>1</sup>, avant l'étape de purification de l'instrument de mesure

	Aniïnisme + Vitalisme		Finalisme + Évolutionnisme		Interactionnisme + Évolutionnisme		Déterminisme comportemental		Déterminisme héréditaire	
	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2
Q32	0,717	0,689	0,186	0,281	0,021	0,074	0,075	0,071	-0,05	-0,029
Q40	0,5	0,509	0,123	0,055	0,113	0,165	0,119	0,135	0,091	0,221
Q35	0,772	0,794	0,112	0,079	0,012	0,053	0,164	0,128	0,089	-0,034
Q43	0,675	0,744	-0,008	0,076	0,204	0,018	0,155	0,151	0,124	0,105
Q19	0,26	0,095	0,555	0,546	0,04	0,055	0,009	-0,022	0,062	0,164
Q22	0,171	0,173	0,685	0,686	-0,022	0,096	0,065	0,031	0,009	-0,001
Q21	0,099	0,013	0,659	0,677	0,131	0,07	0	-0,001	-0,003	-0,025
Q23	-0,027	0,075	0,453	0,252	0,327	0,445	0,048	0,053	0,21	0,175
Q20	-0,115	-0,145	0,443	0,367	0,482	0,453	0,096	0,045	-0,082	0,044
Q47	-	-0,247	-	0,287	-	0,372	-	-0,315	-	-0,014
Q26	0,115	0,096	0,131	-0,148	0,685	0,708	0,084	0,127	-0,147	0,193
Q17	0,062	0,121	0,107	-0,011	0,593	0,516	0,085	0,225	0,166	0,181
Q46	0,185	0,375	0,111	-0,189	0,53	0,518	0,065	-0,016	-0,062	0,115
Q12	0,14	0,124	0,013	-0,051	0,144	0,201	0,619	0,63	-0,138	-0,065
Q13	0,209	0,117	0,011	0,083	-0,059	-0,17	0,498	0,454	0,134	0,181
Q14	0,121	0,021	-0,122	0,113	0,212	0,069	0,311	0,572	-0,133	0,057
Q18	0,13	0,032	0,24	0,147	-0,037	0,023	0,466	0,035	0,253	0,498
Q37	-0,013	-0,042	0,068	0,058	0,147	0,14	0,081	-0,085	0,42	0,295
Q39	0,011	0,015	0,141	0,215	0,015	0,004	-0,015	0,057	0,692	0,409
Q25	0,034	-0,098	0,015	0,008	0,129	0,146	0,242	0,214	0,398	0,367
Q45	0,177	0,133	-0,169	-0,059	0,111	-0,048	0,129	0,027	0,43	0,495
Énoncés retirés : Étape de purification de l'instrument										
Q36	-0,097	0,035	0,123	0,091	0,419	0,472	-0,197	-0,248	0,116	-0,023
Q38	-0,033	0,194	0,125	-0,1	-0,189	0,038	-0,007	-0,322	0,668	0,482
Q31	-0,059	-0,315	0,541	0,217	0,188	0,454	-0,157	0,049	-0,146	-0,276
Q16	-0,113	0,005	0,006	0,068	0,142	-0,086	0,323	0,318	0,204	0,508
Q27	-0,118	-0,078	-0,038	0,038	0,14	-0,027	0,42	0,129	0,332	0,489
Q28	-0,314	-0,199	0,281	-0,099	-0,033	0,111	0,303	0,32	0,157	0,264
Q33	0,416	0,359	0,1	0,263	0,009	-0,065	0,375	0,136	-0,085	0,21
Q44	0,097	0,153	-0,094	0,016	0,101	0,159	0,382	0,025	0,12	0,531
Q29	0,195	0,07	0,076	0,148	0,015	0,417	0,053	0,097	-0,253	-0,085
Q41	0,4	0,434	-0,303	-0,056	0,129	0,044	-0,436	-0,106	0,021	-0,057
Q30	0,285	0,241	-0,289	-0,456	-0,047	-0,198	-0,054	0,056	0,468	0,381
Q15	0,15	0,151	-0,005	-0,203	0,303	0,178	0,214	0,104	0,255	0,334
Q34	0,2	0,245	0,113	0,378	-0,26	0,042	0,494	-0,026	-0,199	0,193
Q24	0,121	0,18	-0,061	0,225	0,304	0,212	0,339	0,27	0,144	0,205
Q42	0,231	0,058	0,398	0,256	-0,008	0,243	0,064	0,13	0,379	0,079
Q11	0,134	0,184	-0,16	-0,203	0,283	0,114	0,182	0,321	0,186	0,08

<sup>1</sup> Matrice de rotation orthogonale varimax (Gamma = 1.000000)

Pour des raisons de cohérence avec le construit à priori, l'énoncé Q30 est retiré par un manque d'énoncés (1 seulement) pour caractériser le fixisme sous des paramètres multidimensionnels. De plus, les énoncés Q34, Q38 et Q15 de la conception transformiste sont retirés, car ils ne se regroupent pas sous une même composante. Cela expose l'insuffisance des énoncés à bien circonscrire cette conception. De même que par manque de cohérence avec le construit à priori, il y a eu le retrait d'énoncés mécaniste (Q36), déterministe (Q33) et interactionniste (Q41). Dans d'autres cas, des énoncés ont été retirés parce qu'ils tergiversaient sur l'une à l'autre des composantes en fonction de l'étude (erreur aléatoire). C'est le cas pour un énoncé évolutionniste (Q31), quatre énoncés déterministes (Q42, Q24, Q11, Q44) et un énoncé interactionniste (Q29). Quant aux énoncés déterministes Q16, Q27, Q28, ils ont démontré initialement une bonne valeur de saturation et une cohérence de construits. Toutefois, lors des analyses itératives, à la suite de retraits progressifs et successifs des énoncés mentionnés ci-dessus, ces énoncés ont modifié leur valeur de saturation qui n'était alors plus significative.

Toujours dans le souci de présenter un instrument de mesure valide ayant des indices statistiques significatifs et un construit cohérent, certains deuils ont donc été nécessaires. Ces choix permettent de maintenir une structure commune stable et cohérente du questionnaire des conceptions, et ce, entre l'étude 1, l'étude 2 et le cadre conceptuel. Cette démarche a été réalisée afin de répondre aux trois critères de Roussel (2005) qui consistent à 1) s'assurer du maintien de la cohérence interne de l'instrument de mesure où le répondant à un patron similaire de réponses aux énoncés d'une même variable conceptuelle, 2) valider le construit en regard du cadre théorique, et 3) valider une mesure qui permet au QCpV d'avoir la capacité de discriminer différents construits.

À la suite de cette étape de purification de l'instrument, une nouvelle ACP a été appliquée sur le corpus de données épurées des études 1 et 2. Au tableau 4.15 sont présentées les nouvelles matrices de saturation pour les études 1 et 2. Les valeurs ne représentent que l'ensemble des 21 énoncés présents dans le QCpV épuré. Les énoncés retenus pour expliquer une composante affichent des coefficients de saturation entre 0,33 à 0,85, sauf pour les énoncés Q13 (0,28), Q18 (0,26) et Q47 (0,25). Ces derniers ont notamment des coefficients de saturation plus significatifs dans la première analyse de la matrice de saturation (tableau 4.13). Cet argument fait en sorte que ces énoncés sont tout de même maintenus, malgré leurs valeurs plus faibles, dans cette deuxième analyse de la matrice de saturation (tableau 4.14). De plus, chacune des composantes a maintenant un pourcentage de variance expliquée plus élevé que dans la première étape de purification (se référer aux tableaux 4.11 et 4.16). Conséquemment, dans le but d'assurer le maintien d'une structure cohérente et commune entre les deux études, la limite observée est dans le maintien d'énoncés ayant des coefficients de saturation sous le seuil de 0,3.

**Tableau 4.14**  
Matrices de structure épurées et obtenues par ACP<sup>1</sup>

	Animisme + Vitalisme		Finalisme + Évolutionnisme		Interactionnisme + Évolutionnisme		Déterminisme comportemental		Déterminisme héréditaire	
	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2
Q32	0,757	0,734	-	-	-	-	-	-	-	-
Q40	0,539	0,568	-	-	-	-	-	-	-	-
Q43	0,711	0,788	-	-	-	-	-	-	-	-
Q35	0,815	0,848	-	-	-	-	-	-	-	-
Q19	-	-	0,622	0,665	-	-	-	-	-	-
Q22	-	-	0,801	0,748	-	-	-	-	-	-
Q21	-	-	0,655	0,648	-	-	-	-	-	-
Q23	-	-	0,593	0,333	(0,071)	0,356	-	-	-	-
Q20	-	-	0,520	0,522	(0,219)	0,365	-	-	-	-
Q47	-	-	-	0,356	-	0,246	-	-	-	-
Q26	-	-	-	-	0,748	0,784	-	-	-	-
Q17	-	-	-	-	0,771	0,655	-	-	-	-
Q46	-	-	-	-	0,647	0,619	-	-	-	-
Q12	-	-	-	-	-	-	0,515	0,604	-	-
Q13	-	-	-	-	-	-	0,277	0,386	-	-
Q14	-	-	-	-	-	-	0,469	0,665	-	-
Q18	-	-	-	-	-	-	-	-	0,456	0,261
Q37	-	-	-	-	-	-	-	-	0,556	0,694
Q39	-	-	-	-	-	-	-	-	0,709	0,616
Q25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,470	0,407
Q45	-	-	-	-	-	-	-	-	0,512	0,420

<sup>1</sup> Matrice de rotation orthogonale varimax (Gamma = 1.000000)

Cette nouvelle analyse en ACP a révélé la composition finale des composantes. Les cinq composantes, émergées du questionnaire, permettent d'estimer l'adhésion d'un répondant aux sept conceptions qui y figurent, dont l'animisme, le vitalisme, l'évolutionnisme, le finalisme, l'interactionnisme, le déterminisme héréditaire et le déterminisme comportemental. La première composante est constituée d'énoncés

animistes et vitalistes. Dans ce cas-ci, l'usage du terme « métaphysique »<sup>20</sup> semble adéquat pour représenter cette composante. Bien que distinctes, ces deux conceptions se rejoignent par la relation entre le corps (matière inerte) et un élément abstrait (*anima*, principe vital), qui implique une part de surnaturel pour expliquer le vivant. Quant à l'évolutionnisme, ses énoncés se manifestent, d'une part, sous la deuxième composante jointe aux énoncés finalistes. D'autre part, ils s'expriment également en association avec les énoncés interactionnistes. Quant au déterminisme, il se scinde en deux, soit en un déterminisme comportemental et héréditaire. Le déterminisme comportemental est constitué de trois énoncés retrouvés sous la quatrième composante. Et le déterminisme héréditaire, représenté par la dernière composante, se voit constitué de cinq énoncés.

#### **4.4.2.1 Indices de fiabilité de l'instrument de mesure purifié**

Les valeurs d'alpha de Cronbach sont de nouveau calculées pour les QCpV purifiés (tableau 4.15). Elles témoignent du maintien de la capacité de l'instrument à mesurer adéquatement les conceptions investiguées, les valeurs étant supérieures à la valeur seuil de 0,7.

---

<sup>20</sup> Le terme « métaphysique » peut signifier parfois « Abstrait » ou comme étant un « Abus de considérations abstraites, qui, au lieu d'éclairer la pensée, ne font que l'obscurcir » (CNRTL). Les conceptions animiste et vitaliste impliquent l'apport de principes obscurs, de forces vitales et abstraites pour expliquer la vie. Hriri et Coquidé (2002) catégorisent ces conceptions dans le registre d'une vision « magique » de la vie, représentant une pensée primitive pour expliquer les phénomènes naturels. Sous un registre explicatif, le côté « magique » est caractérisé par un système explicatif de l'ordre de la métaphysique et indique que le monde « est soumis à des forces surnaturelles et indivisibles » (p. 152); de sorte que le choix du terme « métaphysique pour chapeauter ces deux conceptions semble adéquat.

**Tableau 4.15**  
Alpha de Cronbach ( $\alpha$ )

	Étude 1	Étude 2
Questionnaire des conceptions (QCpV) purifié		
Mystat 12	0,737	0,710
Conquest 2.0	0,772	0,714

L'approche d'extraction par le critère de Kaiser est de nouveau appliquée, de façon à émettre les valeurs de variance expliquée par chacune des composantes du QCpV épuré. Présentées aux tableaux 4.16 et 4.17, les nouvelles estimations indiquent que pour les études 1 et 2, la première composante de la structure multidimensionnelle des conceptions possède des valeurs propres de 2,5 et 2,6, qui expliquent 12,6 % et 12,2 % de la variance totale. La deuxième composante présente des valeurs propres de 2,3 et 2,1, expliquant 11,3 % et 9,9 % de la variance totale. La troisième composante a des valeurs propres de 1,7 et 2,0, qui expliquent 8,6 % et 9,4 % de la variance totale. Quant à la quatrième composante, elle a des valeurs propres de 1,8 et 1,6, qui expliquent 9,1 % et 7,5 % de la variance totale. Enfin, la dernière composante présente des valeurs propres équivalentes à 1,5, expliquant 7,5 % et 7,2 % de la variance totale.

**Tableau 4.16**  
Valeurs propres des cinq composantes obtenues par ACP  
pour les études 1 et 2 (*eigenvalues*)

Composantes :	1	2	3	4	5
Étude 1	2,5	2,3	1,7	1,8	1,5
Étude 2	2,6	2,1	2,0	1,6	1,5

**Tableau 4.17**  
 Pourcentage (%) de variance expliquée des cinq composantes  
 obtenues par ACP pour les études 1 et 2

Composantes :	1	2	3	4	5	% de variance accumulée
Étude 1	12,6	11,3	8,6	9,1	7,5	<b>49,1 %</b>
Étude 2	12,2	9,9	9,4	7,5	7,2	<b>46,2 %</b>

Le questionnaire des conceptions possède une variance totale expliquée de 49,1 % et 46,2 % respectivement. Les nouvelles valeurs de la variance expliquée témoignent que le retrait des énoncés ciblés offre une meilleure capacité explicative de l'outil de mesure. Les valeurs de la variance expliquée du QCpV initial étaient de 35,7 % et 34,4 %. Après épuration, l'instrument présente maintenant une capacité à expliquer de 49,1 % et 46,2 % des réponses obtenues.

En somme, les conceptions se définissent sous cinq dimensions constituées des conceptions métaphysique (animisme et vitalisme), évolutionniste, finaliste, interactionniste et où le déterminisme se scinde en deux, en un déterminisme héréditaire et comportemental. À partir de ces résultats d'analyse en ACP, ce regroupement d'énoncés équivalents, c'est-à-dire représentant une même conception, exprime une cohérence interne pour chacun des construits.

#### 4.4.2.2 Indices de fiabilité pour chacune des cinq composantes

L'indice de fiabilité global du QCpV a été calculé à la section précédente. Sous cette section, l'indice de fiabilité<sup>21</sup> sera évalué pour chaque composante. Cet indice raffine la validité du construit en démontrant la cohérence interne pour chacune d'elles, à savoir si elle représente adéquatement la conception qu'elle interroge. La valeur de l'indice de fiabilité peut varier entre les valeurs de 0 et 1; plus elle est près de 1, plus la cohérence interne de la composante est significative.

Les valeurs de l'indice de fiabilité sont exposées au tableau 4.18. Toujours en comparant les études 1 et 2, les valeurs obtenues pour la composante métaphysique sont de 0,743 et 0,802 respectivement. Pour la composante finaliste-interactionniste, elles sont de 0,692 et 0,559. Pour la composante interactionniste-évolutionniste, les valeurs de cohérence interne estimées sont de 0,698 et 0,592. Toutefois, on remarque une baisse des valeurs de consistance interne pour les dernières composantes, constituées du déterministe comportemental et du déterministe héréditaire, qui sont de 0,550 et 0,506, et de 0,526 et 0,464 respectivement. Selon le domaine de recherche, la valeur seuil d'acceptabilité peut varier entre 0,6 et 0,8 (Cortina, 1993; Ryu et Smith-Jackson, 2006). En référence aux valeurs estimées, les conceptions déterministes héréditaire et comportementale s'avèrent être les deux composantes ayant une consistance interne inférieure aux seuils prescrits. À cet effet, Cortina (1993) expose qu'une faible valeur de consistance interne peut être associée à des construits multidimensionnels. On remarque toutefois des valeurs équivalentes dans les études portant sur les conceptions épistémologiques pouvant s'expliquer par la nature même d'une conception, qui est un construit parfois variable donc plus difficile à évaluer (Hofer, 2000; Schommer-Aikins, Duell et Barker, 2003). Dans ce contexte, les composantes présentent des indices permettant de poursuivre vers une analyse différenciée.

---

<sup>21</sup> À l'aide du logiciel Conquest 2.0, l'indice de fiabilité (*EAP/PV reability*) a été évalué par le modèle *rating scale* (en *within-item* dans le cas de l'évolutionnisme qui s'associe à deux conceptions). Ce modèle s'est avéré supérieur au modèle *credit partial*.

**Tableau 4.18**  
Indice de fiabilité de chacune des cinq composantes

Animiste		Finalisme		Interactionnisme		Déterminisme comportemental		Déterminisme héréditaire	
+		+		+					
Vitalisme		Évolutionnisme		Évolutionnisme					
Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2	Étude 1	Étude 2
0,743	0,802	0,692	0,559	0,698	0,592	0,550	0,506	0,526	0,464

*Analyse avec le modèle rating-scale dans Conquest 2,0*

#### 4.4.2.3 Matrice de corrélation

L'analyse de corrélation entre les composantes donne accès à la complexité de leur relation. En d'autres mots, cet indice permet de mesurer le degré (ou la force) de relation entre deux variables permettant d'approfondir l'organisation entre les cinq composantes. La valeur des coefficients de corrélation peut varier entre 0 et 1. Selon Bourque *et al.* (2006), une valeur trop élevée, c'est-à-dire supérieure à 0,8, indique la possibilité d'une colinéarité entre les dimensions. Une valeur située entre 0,3 et 0,8 suggère la probabilité que la variance des énoncés puisse être expliquée par des traits latents communs. Enfin, une valeur inférieure à 0,3 suggère la présence de dimensions indépendantes. Les corrélations entre les dimensions donnent donc accès à la complexité de leurs liens. Présentées au tableau 4.19, les matrices de corrélation des études 1 et 2 indiquent que toutes les composantes sont moyennement corrélées, sauf pour la composante qui regroupe les énoncés finalistes associés aux énoncés évolutionnistes. Cette composante est indépendante de l'ensemble des autres composantes.

**Tableau 4.19**  
Corrélation entre les cinq composantes <sup>a</sup>

	Étude 1					Étude 2						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Animisme + Vitalisme	1	1				1	1					
Interactionnisme + Évolutionnisme	2	0,491	1			2	0,382	1				
Déterminisme héréditaire	3	0,507	0,456	1		3	0,366	0,575	1			
Finalisme + Évolutionnisme	4	0,102	0,233	0,278	1	4	0,018	-0,159	0,074	1		
Déterminisme comportemental	5	0,528	0,408	0,299	0,189	1	5	0,381	0,326	0,593	-0,095	1

<sup>a</sup> Analyse effectuée à l'aide du logiciel Conguest 2.0

#### 4.4.3 Analyse descriptive : taux d'adhésion aux cinq composantes

Une analyse descriptive a été réalisée afin de mieux cerner le taux d'adhésion positif des répondants à chacune des composantes à partir des valeurs en pourcentage exposées dans le tableau 4.5. Illustré au tableau 4.20, le taux d'acceptation a été mesuré à partir du regroupement des positions « plutôt en accord » et « en accord » en fonction des énoncés qui composent chacune des dimensions (se référer au tableau 4.14).

**Tableau 4.20**  
Taux d'acceptation (%) pour chacune des composantes  
pour tous les répondants confondus <sup>1</sup>

Composantes	Taux d'acceptation (%)	
	Étude 1	Étude 2
Animisme + Vitalisme	49,8	51,9
Finalisme + Évolutionnisme	78,0	82,4
Interactionnisme + Évolutionnisme	61,8	65,1
Déterminisme comportemental	43,4	44,0
Déterminisme héréditaire	35,8	39,1

<sup>1</sup> Constitué des répondants qui sont « plutôt en accord » et « en accord » avec chacun des énoncés constituant une composante donnée.

Pour les études 1 et 2, une majorité de répondants adhère aux conceptions finaliste-évolutionniste pour expliquer le vivant; de sorte que 78 % et 82,4 %, respectivement, sont favorables à ce type d'explications dans leur compréhension du vivant. Quant aux explications issues des conceptions interactionnistes-évolutionnistes, elles sont bien acceptées, avec toutefois plus de nuances (61,8 % et 65,1 %). De plus, la compréhension métaphysique du vivant se voit adoptée par la moitié des répondants (49,8 % et 51,9 %). Enfin, le déterminisme sous ses deux formes (héréditaire et comportemental) est accepté par une minorité de répondants. Cependant, on remarque que la conception en un déterminisme comportemental est plus acceptée que celle associée à un déterminisme héréditaire avec des taux de 43,4 % et 44 % contre 35,8 % et 39,1 % respectivement.

#### **4.5 Influence des connaissances en biologie sur la structure multidimensionnelle des conceptions**

Cette section et la section 4.6 s'inscrivent dans la dernière étape du paradigme de Churchill. À la suite des diverses analyses de fiabilité et de validité de l'instrument de mesure, voici les résultats qui, en réponse aux hypothèses, contribueront à l'avancée des connaissances. Pour des raisons explicitées en introduction de ce chapitre, seule l'étude 2 est prise en considération.

Dans le but d'estimer l'influence des connaissances sur la structure multidimensionnelle des conceptions, une analyse différenciée à l'aide d'un modèle de régression logistique est appliquée sur le groupe Gr1Co en fonction des cinq groupes de conceptions (Conquest 2.0). À noter que le groupe Gr1Co est le groupe dit de « connaissances ». Ce dernier est composé des futurs biologistes et enseignants en ST. Cette étape d'analyse permet de vérifier l'effet « connaissances » sur l'adhésion aux conceptions, c'est-à-dire de cerner les tendances à adhérer ou non à l'une ou l'autre des

composantes. Afin d'affiner la compréhension de l'état du phénomène à l'étude, ces résultats sont croisés et enrichis d'analyses descriptives (section 5.5.2) et de distribution (section 5.5.3).

#### 4.5.1 Analyse différenciée du groupe Gr1Co sur les conceptions

Obtenus à partir du groupe Gr1Co, les résultats de l'analyse différenciée indiquent des adhésions variables selon les composantes (tableau 4.21). Les futurs biologistes et enseignants en ST se dissocient significativement de la composante métaphysique par une valeur négative de -1,220 logits. Plus modérée, cette même tendance est observée pour les conceptions finaliste-évolutionniste (-0,349 logits) et déterministe-comportemental (-0,447 logits). En contrepartie, le groupe Gr1C0 adhère davantage aux explications interactionniste-évolutionniste du vivant (0,415 logits). Quant au déterministe héréditaire, la valeur presque nulle (-0,079 logits) indique que les deux groupes (Gr0Co et Gr1Co) se comportent de la même façon, suggérant une adhésion équivalente cette conception.

**Tableau 4.21**

Coefficient de régression en fonction du Gr1Co <sup>a</sup>

Conceptions	Étude 2
Animisme + Vitalisme	-1,220 (0,187)
Finalisme + Évolutionnisme	-0,349 (0,140)
Interactionnisme + Évolutionnisme	0,415 (0,124)
Déterminisme comportemental	-0,447 (0,112)
Déterminisme héréditaire	-0,079 (0,070)

<sup>a</sup> Analyse réalisée à l'aide du logiciel Conquest 2.0, valeur en logit

#### **4.5.2 Analyse descriptive : l'influence de la formation sur l'adhésion aux conceptions**

Dans le but de mieux investiguer l'influence du bagage de connaissances en biologie sur l'adhésion à l'une ou l'autre des conceptions, une analyse descriptive s'impose afin d'approfondir l'analyse différenciée. De façon à cerner la « force » d'acceptation à une conception, sa quantification, sous forme de pourcentage d'acceptation, a d'abord été estimée.

Le tableau 4.22 expose les taux négatifs et positifs d'acceptation des groupes Gr0Co et Gr1Co aux différentes conceptions. Les résultats obtenus permettent d'observer une diversification entre les deux groupes. De façon notoire, la composante métaphysique se distingue nettement. Le Gr1Co rejette par une forte majorité cette compréhension du vivant, alors que plus de la moitié du Gr0Co y adhère. D'autres tendances entre les groupes sont également observées. D'ordre général, le finalisme, l'évolutionnisme et l'interactionnisme sont acceptés de façon majoritaire pour les deux groupes. En revanche, le déterminisme comportemental et le déterminisme héréditaire sont rejetés par une majorité.

À l'intérieur de ces grandes tendances, on observe des positions plus nuancées. Par exemple, le finalisme est plus faiblement accepté par le Gr1Co (79 %) que le Gr0Co (91,6 %). Ou encore, le déterminisme comportemental est, dans une moindre mesure, davantage rejeté par le Gr1Co (69,2 %) que pour le Gr0Co (54,7 %). Quant à l'évolutionnisme, l'interactionnisme et le déterminisme héréditaire, les deux groupes s'accordent pour les accepter à des pourcentages relativement similaires.

Afin de mieux cerner la distinction entre l'évolutionnisme, le finalisme et l'interactionnisme, ces trois conceptions ont été analysées de façon séparée. On observe

que la conception évolutionniste expose des taux d'acceptation similaires pour les deux groupes (différence de 1,6 %). De plus, une légère différence de 7,4 % est observée entre les taux d'acceptation d'explications interactionnistes en faveur du Gr1Co. Toutefois, une divergence de 12,6 % se dessine dans l'acceptation d'explications finalistes du vivant en faveur, cette fois-ci, du Gr0Co. Ces distinctions ont également été pointées lors de l'analyse différenciée. Ainsi, il ne semble pas que l'acceptation de l'évolutionnisme modifie le profil de conceptions d'un groupe à l'autre, mais plutôt l'adhésion à l'une ou l'autre des conceptions interactionniste et finaliste qui s'y associe.

**Tableau 4.22**

Taux d'acceptation (%) des conceptions en fonction des groupes  
Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2

(0 = mauvaise réponse ou je ne sais pas et 1 = bonne réponse)

Conceptions		Étude 2	
		0	1
Animisme	Gr0	44,7	<b>55,3</b>
	Gr1	<b>80,6</b>	19,4
Évolutionnisme	Gr0	25,8	<b>74,2</b>
	Gr1	24,2	<b>75,8</b>
Finalisme	Gr0	8,4	<b>91,6</b>
	Gr1	21,0	<b>79,0</b>
Interactionnisme	Gr0	44,5	<b>55,5</b>
	Gr1	41,8	<b>58,2</b>
Déterminisme comportemental	Gr0	<b>54,7</b>	45,3
	Gr1	<b>69,2</b>	30,8
Déterminisme héréditaire	Gr0	<b>60,9</b>	39,1
	Gr1	<b>60,7</b>	39,3

D'une part, l'analyse différenciée témoigne d'une dissociation du Gr1Co aux conceptions animiste et vitaliste, ce qui s'est également clairement illustré au moyen de l'analyse descriptive. D'autre part, cette analyse a cerné les différences qui se dessinent entre les deux groupes quant aux conceptions finaliste et déterministe comportemental qui sont également visibles sous l'analyse descriptive. Par ailleurs, une légère différence entre les groupes pour la conception interactionnisme est observée, mais uniquement dans cette présente analyse différenciée. Enfin, le déterminisme héréditaire est accepté de manière fortement similaire entre les groupes, confirmé par les deux types d'analyse.

Dans le but de confirmer ces comparaisons entre les groupes Gr1Co et Gr0Co, une troisième analyse de distribution s'impose de façon à enrichir les premières observations.

#### **4.5.3 Analyse de distribution (khi-carré)**

Cette dernière analyse a pour objectif de vérifier si la différence entre deux probabilités est attribuable à un effet hasardeux ou si elle est attribuable à un effet significatif, qui sera alors considérée lors d'analyses subséquentes.

##### **4.5.3.1 Influence des connaissances sur les conceptions**

Est d'abord vérifié si l'appropriation d'un ensemble de connaissances en biologie peut avoir un effet sur une conception. Le tableau 4.23 expose les valeurs de khi-carré pour chacune des conceptions en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co obtenus à l'aide du logiciel *Statistical analysis system* (SAS). Les valeurs de distribution expriment l'effet grandement significatif de la culture scientifique en biologie sur la dissociation des répondants aux explications métaphysiques du vivant. Suivi de près par l'influence des connaissances sur une distanciation des répondants à une compréhension finaliste et

déterministe comportementale du vivant. Toutefois, l'acceptation d'explications interactionnistes ne semble pas être significativement attribuable à la formation. Enfin, et tel qu'observé précédemment sous les sections 4.5.1 et 4.5.2, l'adhésion à une compréhension du vivant sous la conception déterministe héréditaire ne semble pas être influencée par le bagage de connaissances, pas plus que pour l'acceptation d'explications évolutionnistes.

**Tableau 4.23**

Analyse du khi-carré, vérification de relation entre les groupes Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2

(0 = mauvaise réponse ou je ne sais pas et 1 = bonne réponse)

		Étude 2			
		Khi-carré	dl	Fréquence (f)	
				0	1
Animisme + Vitalisme	Gr0	64,8 ***	1	590	730
	Gr1		1	112	27
Évolutionnisme	Gr0	0,13 (0,72)	1	257	736
	Gr1		1	25	78
Finalisme	Gr0	11,28 **	1	85	921
	Gr1		1	19	83
Interactionnisme	Gr0	0,29 (0,59)	1	445	555
	Gr1		1	43	60
Déterminisme comportemental	Gr0	8,11 *	1	550	456
	Gr1		1	72	32
Déterminisme héréditaire	Gr0	0,01 (0,92)	1	1011	650
	Gr1		1	104	68

\* : p < 0,05  
 \*\* : p < 0,01  
 \*\*\* : p < 0,001

#### **4.5.3.2 Interrelation entre les conceptions**

Dans un second temps, est évalué si l'adhésion à une conception influence l'adhésion à une autre, tel qu'observé pour l'évolutionnisme qui se voit associé tantôt au finalisme ou à l'interactionnisme. L'analyse de distribution, exposée au tableau 4.24, met en relief la relation étroite dans l'association du finalisme avec l'évolutionnisme pour le groupe Gr0Co. Ce dernier associe de façon nettement significative ces deux conceptions dans leur compréhension du vivant. En d'autres mots, un répondant du Gr0Co qui adhère à la conception évolutionniste aura fortement tendance à adhérer aussi à la conception finaliste. Ces résultats suggèrent que les répondants du Gr0Co effectuent un amalgame d'explications finalistes à celles évolutionnistes, exposé également au tableau 4.23. En contrepartie, par les valeurs non significatives, les répondants du groupe Gr1Co ne présentent pas cette tendance à raccorder l'évolutionnisme au finalisme. Un individu du Gr1Co peut s'associer à des explications évolutionnistes, sans forcément y joindre également des explications finalistes.

Quant aux résultats de distribution pour les conceptions interactionnistes et évolutionnistes, des valeurs significatives pour le groupe Gr0Co sont également observées (tableau 4.24). En d'autres mots, les explications évolutionnistes favorisent une compréhension interactionniste du vivant. Quant au groupe Gr1Co, sa compréhension du vivant sous un regard évolutionniste ne devrait pas avantager les explications du vivant par l'intermédiaire de l'interactionnisme, et vice-versa, également observé précédemment dans le cas du finalisme-évolutionnisme.

**Tableau 4.24**

Analyse du khi-carré entre les conceptions finaliste, interactionniste et évolutionniste selon Gr0Co et Gr1Co de l'étude 2

		Étude 2		khi-carré
		fréquence (f)		
Finalisme et évolutionnisme	Gr0	921	736	107,08 ***
	Gr1	83	78	0,97 (0,33)
Interactionnisme et évolutionnisme	Gr0	555	736	75,7 ***
	Gr1	60	78	0,42 (0,52)

\*\*\* :  $p < 0,001$

## 4.6 Analyse des mises en situation

La dernière section du questionnaire interroge les positions relatives des répondants face à leur acceptation d'enjeux actuels qui impliquent le vivant au regard de leur culture scientifique en biologie. Par l'entremise d'une analyse statistique simple, l'estimation des fréquences et des pourcentages d'adhésion des groupes Gr0Co et Gr1Co est réalisée pour l'une ou l'autre des mises en situation proposées dans la section du questionnaire QA. Ensuite, une analyse de distribution est réalisée afin de confirmer s'il y a influence des connaissances sur l'attitude des répondants.

### 4.6.1 Analyse descriptive des mises en situation

De façon générale, les résultats illustrent que, quel que soit le groupe (Gr0Co et Gr1Co), les répondants sont majoritairement favorables aux enjeux relatifs au vivant, sauf pour l'énoncé Q53 : *Le clonage est un avancement scientifique dont il ne faut pas se priver pour le développement des technologies médicales* (tableau 4.25). Cet énoncé

expose des pourcentages d'acceptation de 38 % chez le Gr0Co et 32,4 % chez les Gr1Co. De plus, une distinction est observée entre les deux groupes pour l'énoncé Q48 : *J'aimerais passer un test de prédictions des risques afin d'identifier les maladies génétiques dont je suis porteur*. Le Gr1Co rejette à 55,9 % cet enjeu, alors qu'une majorité (65,7 %) du Gr0Co l'accepte. On remarque également que l'énoncé le plus accepté de tous est le Q54 : *Je suis d'accord dans l'utilisation de cellules souches pour réparer des tissus humains*, suivi du Q51 : *Atteint d'une maladie connue, j'aimerais que la médecine puisse changer le gène malade dans mes cellules pour le gène sain, nommé thérapie génique*.

**Tableau 4.25**

Tableau des réponses traduites en pourcentage (%) en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co pour l'étude 2

	Pourcentage (%)	Étude 2	
		Rejeté	Accepté
<b>Q48</b>	Gr0	34,3	65,7
	Gr1	55,9	<b>44,1</b>
Q49	Gr0	31,0	69,0
	Gr1	35,3	64,7
Q50	Gr0	34,9	65,1
	Gr1	41,2	58,8
<b>Q51</b>	Gr0	12,8	87,2
	Gr1	26,5	<b>73,5</b>
Q52	Gr0	33,9	66,1
	Gr1	30,3	69,7
<b>Q53</b>	Gr0	62,0	38,0
	Gr1	67,6	32,4
Q54	Gr0	7,3	92,7
	Gr1	14,7	85,3

#### 4.6.2 Influence des connaissances sur l'attitude

L'analyse de distribution (khi-carré) permet d'estimer l'influence des connaissances en biologie sur l'attitude d'acceptation pour chacun des enjeux relatifs au vivant au regard des groupes Gr0 et Gr1.

Pour l'ensemble des mises en situation, l'effet « connaissances » est imperceptible, sauf pour les enjeux Q48 et Q51. Dans ces cas, l'attitude d'acceptation est influencée significativement par les connaissances. On observe que le Gr1Co présente une attitude plus nuancée où 44,1 % et 73,5 % acceptent ces enjeux, en comparaison au Gr0Co qui les accepte à 65,7 % et 87,2 % respectivement (se référer au tableau 4.26). En faveur du Gr0Co, un écart de 13,0 % et 21,6 % se trace dans le degré d'acceptabilité de ces enjeux.

**Tableau 4.26**  
Valeur de khi-carré en fonction des groupes Gr0Co et Gr1Co

Fréquence (f)		Étude 2		Khi-carré
		Rejeté	Accepté	
Q48	Gr0	112	215	6,23 **
	Gr1	19	15	
Q49	Gr0	102	227	0,26
	Gr1	12	22	p<
Q50	Gr0	114	213	0,54
	Gr1	14	20	p<
Q51	Gr0	42	285	4,71 *
	Gr1	9	25	
Q52	Gr0	111	216	0,18
	Gr1	10	23	p<
Q53	Gr0	204	125	0,42
	Gr1	23	11	p<
Q54	Gr0	24	303	2,24
	Gr1	5	29	p<

\* : p < 0,05

\*\* : p < 0,01

En somme, cette démarche a permis de valider les trois sections du questionnaire. Le questionnaire des conceptions (QCpV), plus complexe, est passé par une étape de purification qui a contribué à augmenter sa cohérence interne et sa capacité discriminante entre les différentes conceptions. De plus, son construit a été validé au regard du cadre théorique. Quant au questionnaire des connaissances en biologie (QcoV), cette section a démontré son aptitude à différencier les étudiants universitaires de l'UQAR qui ont une culture scientifique en biologie plus étoffée et d'en caractériser les limites. Ce bagage substantiel de connaissances va de pair avec leur parcours académique, c'est-à-dire leur formation. Ainsi, les étudiants en biologie et en enseignement en ST s'illustrent par leur appropriation d'un langage plus spécialisé et de concepts complexes. Cette différence majeure a appuyé la création d'un groupe

« connaissances » sur lequel s'est basée l'évaluation de l'influence des connaissances sur les conceptions et sur l'attitude face aux enjeux relatifs au vivant.

En guise de conclusion pour ce chapitre, la présente étude a identifié un ensemble de conceptions paradigmatiques dans la compréhension du vivant chez les étudiants universitaires dans les programmes de formation en enseignement et en sciences biologiques. À des degrés d'adhésion divers, les conceptions animiste, vitaliste, évolutionniste, interactionniste, finaliste, déterministe héréditaire et déterministe comportementale sont présentes dans la façon de concevoir le vivant. Ainsi, les résultats ont permis de « cartographier » un ensemble de conceptions sur le vivant constitué également de conceptions-obstacles, dont l'animisme, le vitalisme, le finalisme et le déterminisme comportemental. Par ailleurs, l'un des aspects majeurs des résultats est l'influence du bagage de connaissances en biologie, par l'entremise de la formation, sur l'adhésion à ces conceptions-obstacles. On observe alors une baisse d'acceptabilité pour une compréhension finaliste du vivant ainsi qu'une récusation d'explications de l'ordre de la métaphysique ou du déterminisme comportemental. Confirmée par diverses approches, l'appropriation d'une culture scientifique plus étoffée contribue à une diminution de ces conceptions-obstacles. Malgré cela, la compréhension finaliste du vivant demeure importante pour l'un ou l'autre des groupes. De ces résultats, deux profils de conceptions semblent se dessiner selon la formation universitaire. Dans le premier cas, la majorité des futurs enseignants, tous ordres d'enseignement confondus (Gr0Co), se caractérise par une compréhension du vivant en regard des conceptions finaliste-évolutionniste suivies d'explications métaphysique et interactionniste. Quant au groupe Gr1Co, constitué des futurs biologistes et d'enseignants en ST, la majorité interprète le vivant sous les conceptions interactionniste, évolutionniste et finaliste. Dans les deux cas et à des degrés différents, les groupes Gr0Co et Gr1Co rejettent majoritairement une interprétation déterministe du vivant, tant de l'ordre héréditaire que comportemental. Pour terminer, l'analyse des

mis en situation a permis de mettre en lumière une attitude majoritairement positive pour l'ensemble des répondants face aux enjeux sociobiologiques proposés, hormis l'enjeu relatif au clonage à des fins médicales. De légères différences sont observées entre les groupes Gr0Co et Gr1Co. Une influence de la formation en sciences est observable pour les enjeux Q48 et Q51, où le groupe « connaissances » démontre une attitude plus négative face à l'acceptabilité de ces enjeux.

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

*« Même chez un esprit clair, il y a des zones obscures, des cavernes où continuent de vivre des ombres. Même chez l'Homme nouveau, il reste des vestiges du vieil Homme. »*

*Bachelard, La formation de l'esprit scientifique (1967)*

Ce chapitre s'articule autour des hypothèses de recherche émises et il explicite les nouvelles connaissances et les limites à la lumière des analyses réalisées antérieurement. À savoir, la première hypothèse indique qu'il existe un ensemble de conceptions paradigmatiques du vivant retrouvées dans l'épistémologie de la biologie et qui, encore aujourd'hui, peuvent perdurer. Cette hypothèse formule qu'une coexistence de conceptions du vivant pourrait se retrouver chez les enseignants et biologistes en formation, composée des conceptions en adéquation aux savoirs actuels ainsi que d'obstacles épistémologiques historiques. La deuxième hypothèse énonce que la structure multidimensionnelle des conceptions du vivant pourrait se modifier avec une meilleure compréhension des concepts fondamentaux expliquant le vivant (connaissances actualisées en biologie). Enfin, la dernière hypothèse stipule que les connaissances auraient une influence sur l'attitude des futurs enseignants et biologistes envers certains enjeux impliquant le vivant.

Sans prétendre investiguer toute la complexité du phénomène, la première partie de la recherche a contribué, par l'exploration d'un ensemble circonscrit de conceptions du

vivant, à une meilleure explicitation de l'état des conceptions chez les futurs enseignants et biologistes. À cela, elle témoigne de la coexistence de conceptions et, parmi celles-ci, la présence de conceptions-obstacles. De plus, par l'entremise de la formation et soutenue par le QcoV, la deuxième partie de la discussion aborde l'influence des connaissances en biologie sur les conceptions. Une attention particulière est portée sur l'influence de celles-ci sur les conceptions-obstacles, telles que l'animisme, le vitalisme, le finalisme et le déterminisme comportemental. Enfin, ce présent chapitre discute des prises de position, c'est-à-dire de l'attitude d'acceptation ou de rejet d'enjeux relatifs au vivant selon le bagage de connaissances en biologie. Pour terminer, les limites de la recherche et les retombées seront discutées de même que des pistes de réflexions et de recherches.

### **5.1 Épistémologie spécifique à la biologie : rapport aux savoirs disciplinaires et perspective d'obstacles à la conceptualisation du vivant**

Par le développement considérable des savoirs en biologie et qui trouve écho dans le système éducatif, le rapport aux savoirs<sup>22</sup> spécifiques à la biologie entretenus par les enseignants et les biologistes en formation sont étudiés. À savoir, les conceptions paradigmatiques relatives à la compréhension des phénomènes du vivant auxquelles ils adhèrent et qui, ultérieurement, pourront moduler leurs explications et leur conceptualisation du vivant. Ce rapport aux savoirs biologiques, orienté vers l'identification de conceptions du vivant en tant qu'obstacles ou en adéquation avec les

---

<sup>22</sup> Caillot (2014) reconnaît les particularités et les spécificités des savoirs disciplinaires à leur objet et qui diffèrent de par leur conception scientifique et, inévitablement, selon les disciplines. Il est donc question d'un rapport aux savoirs (au pluriel). Ces rapports peuvent évoluer dans le temps, c'est-à-dire pendant un apprentissage et à la suite de celui-ci. Les travaux de Caillot (2014) sont près des apprentissages de concepts scientifiques et ont permis d'élargir les questions dans le domaine des recherches portant sur les conceptions initiales et des obstacles chez élèves pour accéder aux savoirs culturels de sa société, aux savoirs communs, ici les savoirs scientifiques en biologie.

connaissances actualisées en biologie, est une étape essentielle pour faire état de la situation. Par la suite et en connaissance du phénomène, ces informations supplémentaires et fondamentales permettront de mieux orienter et de définir des stratégies pédagogiques qui tiennent compte de celles-ci, et ce, tant dans les objectifs ou situations d'enseignement que dans la formation universitaire des enseignants et biologistes.

### **5.1.1 Regard descriptif des conceptions sur le vivant**

Par l'exploration des conceptions biologiques marquantes de l'histoire de la biologie, une première analyse descriptive a mis en valeur le degré d'acceptation aux divers énoncés, identifiés à une conception, par l'ensemble de la population à l'étude. Par le taux d'assentiment de ces derniers aux énoncés proposés dans le questionnaire des conceptions du vivant, les énoncés fortement rejetés relèvent notamment des conceptions déterministe et fixiste (tableau 5.1). Quant aux énoncés aisément acceptés, ils relèvent principalement de l'évolutionnisme, du finalisme et de l'interactionnisme (tableau 5.2).

**Tableau 5.1**  
Énoncés fortement rejetés par l'ensemble des répondants (%)

Conceptions	Énoncés du questionnaire	%
Déterministe	<i>Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux identiques ont des réponses immunitaires identiques face à un rhume.</i>	79,2
	<i>Tout être humain sera atteint uniquement des maladies auxquelles il a une prédisposition génétique.</i>	85,6
	<i>Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux identiques ont des cerveaux identiques, et donc des comportements et des façons de penser identiques.</i>	86,5
	<i>Il y a peu que l'on puisse faire pour devenir plus intelligent, car les capacités de chacun sont fixées d'avance par les gènes.</i>	90,7
Fixiste	<i>Chaque espèce animale apparaît sur Terre telle qu'observée et ne subira aucune transformation dans le temps.</i>	97,6

**Tableau 5.2**  
Énoncés fortement acceptés par l'ensemble des répondants (%)

Conceptions	Énoncés du questionnaire	%
Évolutionnisme	<i>Les êtres humains, tels que nous les connaissons, se sont développés à partir d'animaux antérieurs.</i>	84,7
	<i>La sélection naturelle favorise les organismes vivants les mieux adaptés à leur milieu.</i>	91,9
Finalisme	<i>La nature a doté l'humain de dents, car il doit manger, couper et mâcher ses aliments.</i>	84,9
	<i>L'être humain doit saisir, attraper et manipuler des choses, c'est pourquoi il a des mains.</i>	93,0
	<i>Les plantes ont développé des racines, ceci leur permet donc d'aller puiser de l'eau dans le sol.</i>	93,3
Interactionnisme	<i>En présence d'une maladie génétique identifiée, le développement de la maladie et l'ampleur des symptômes seront influencés par le milieu et le mode de vie personnel de l'individu.</i>	83,0

D'un regard général, les énoncés fortement rejetés ou acceptés semblent, pour certains, le reflet de positions opposées. C'est-à-dire que les énoncés déterministes, largement rejetés, exposent des positions rigides quant à la nature des gènes et leur capacité à contrôler différentes manifestations du vivant. Ces énoncés rapportent principalement une incapacité de l'humain à modifier quoi que ce soit dans sa vie, car tout est fixé d'avance dans ses gènes. En contrepartie, les énoncés qui émettent l'idée d'une interaction possible entre l'organisme et son milieu sont aisément acceptés pour une majorité, tels que présentés par l'entremise de l'évolutionnisme, du finalisme et de l'interactionnisme. Ces observations suggèrent une apparente dissociation de l'ensemble des répondants pour la conception déterministe stricte, tout en démontrant une ouverture sur une vision plus flexible de l'effet du milieu sur le génome (Atlas, 1999) et de la transformation du vivant (Pichot, 1993).

De plus, l'étude a introduit un énoncé inspiré de l'étude de Miller *et al.* (2006) : *Les êtres humains, tels que nous les connaissons, se sont développés à partir d'animaux antérieurs.* Cet énoncé relève d'une étude effectuée dans 34 pays. À titre de comparaison, l'acceptation de cet énoncé est de 55 % et de 93 % respectivement pour les adultes américains et français. Au Canada, Gregory et Ellis (2009) ont estimé que 70 % des étudiants de sciences acceptent la théorie de l'évolution. En comparaison à ces statistiques, la présente étude illustre que 84,7 % des répondants sont en accord avec cette affirmation. Cela indique qu'une majorité significative de la population d'étudiants universitaires québécois, participants à l'étude, adhère à la conception évolutionniste du vivant.

Enfin, le fixisme est nettement rejeté. Cette conception présente la vision d'une nature immuable dans le temps. Cette conception est, théoriquement et fondamentalement, en opposition avec celle de l'évolutionnisme. On observe cette analogie dans les résultats où 97,6 % des étudiants rejettent le fixisme contre 84,7 % qui acceptent

l'évolutionnisme. Cette observation évoque une forme de cohérence conceptuelle par le fait que la nature même de ces deux conceptions est diamétralement opposée, et cela se reflète dans le construit conceptuel du vivant des répondants. Selon Perbal *et al.* (2006), les raisons d'évoquer une conception fixiste (créationnisme) relève principalement d'enjeux religieux où certaines convictions sur l'origine de l'Homme mettent en opposition son évolution face à la Genèse. Dans ce cas, la confession et le degré d'éducation influencent l'adhésion ou non au fixisme.

### 5.1.2 Coexistence de conceptions du vivant

L'originalité de cette présente recherche est de porter un nouveau regard quant à la nature multidimensionnelle des conceptions du vivant retrouvée chez un individu. Discernées au sein de la population à l'étude, cinq grandes composantes conceptuelles du vivant sont alors mises en valeur. Des explications de natures animiste, vitalisme, évolutionniste, finaliste, interactionniste, déterministe héréditaire et déterministe comportemental ont émergé et coexistent vraisemblablement et de façon significative chez les futurs enseignants et biologistes à divers degrés.

Au regard des résultats, les conceptions animiste et vitaliste se regroupent sous une même dimension. Toutes deux ont été élaborées par la voie de la philosophie et impliquent un *principe* abstrait, qu'il soit un principe moteur (l'*âme* d'Aristote) ou purement vital (Bichat). Telle une vision *magique* du vivant ou un paravent *métaphysique*, ces conceptions sont susceptibles de brouiller la pensée scientifique en perturbant l'accès aux concepts biologiques fondamentaux (Bachelard, 1967; Monchamp, 1997). Hrairi et Coquidé (2002) catégorisent ces conceptions dans le registre d'une vision « magique » de la vie, représentant une pensée primitive expliquant les phénomènes naturels par des forces obscures. Présentes chez près de la moitié des répondants (51,9 %), ces conceptions sont des obstacles à la compréhension

même de ce qu'est le vivant et de ce qui distingue le vivant de la matière inerte. Thouin (1998) et Monchamp (1997) mentionnent que ces conceptions sont présentes chez l'élève et peuvent se retrouver également chez l'enseignant. En effet, les résultats de l'étude indiquent que les conceptions animiste et vitaliste se maintiennent chez un répondant universitaire sur deux.

Par ailleurs, cette étude a permis d'établir un lien entre l'évolutionnisme et le finalisme, et entre l'évolutionnisme et l'interactionnisme. D'une part, l'association de l'évolutionnisme au finalisme s'opère et se présente sous la forme d'une dimension indépendante. Cela laisse présager qu'un individu qui adhère à la conception qui fusionne l'évolutionnisme au finalisme ne démontrera pas nécessairement la même attitude pour la conception qui associe l'évolutionnisme à l'interactionnisme, et vice versa. La dimension évolutionnisme-finalisme est acceptée à un taux de 82,4 %. D'autre part, l'association évolutionnisme-interactionnisme est acceptée chez 65,1 % des répondants. La conception interactionniste est compatible avec une meilleure compréhension du vivant qui énonce que l'effet du milieu a un impact sur son développement (Atlan, 1999; Morange, 2005). Par conséquent, 34,9 % des répondants présentent une conceptualisation du vivant en inadéquation avec les savoirs actuels, en plus d'une large majorité de ceux-ci qui conçoit l'évolutionnisme sous une vision de finalité.

Quant à la conception déterministe, elle se scinde en deux; de sorte que cette étude illustre bien que l'ensemble des répondants font la distinction entre un déterminisme héréditaire et un déterminisme comportemental. Par ailleurs, cette conception témoigne d'un faible taux d'acceptation de 39,1 % et 44,0 % respectivement. Une distinction entre ces deux conceptions a été discutée dans le cadre des travaux d'Abrougui et Clément (1996) et lors d'une enquête américaine auprès de jeunes de 6 à 18 ans (AAAS, 2012). En effet, théoriquement, ces conceptions déterministes diffèrent quant

à leurs manifestations sur le vivant; l'un applique le déterminisme au phénotype et aux réactions du corps (héréditaire), tandis que l'autre l'applique aux aptitudes et aux comportements d'un individu (comportement). Cette différenciation est réalisée par les répondants, toute formation confondue.

## **5.2 Conception, connaissance et obstacle épistémologie**

Sous cette section, chacune des conceptions est discutée et mise en relation avec le facteur « connaissances ». De plus, sont ajoutés des éléments de réflexion quant aux obstacles épistémologiques historiques et des exemples de moyens didactiques connus qui pourraient favoriser une rupture avec ces obstacles.

### **5.2.1 Animisme et vitalisme**

Les retombées de cette section sont la mise en lumière d'une association entre les conceptions « métaphysiques » du vivant, l'étendue de l'adhésion aux explications animiste et vitaliste chez les enseignants (sauf ceux en ST) et enfin, la forte influence d'une formation scientifique sur la diminution notoire de cette configuration conceptuelle du vivant.

L'association de conceptions animiste et vitaliste dans la compréhension du vivant caractérise principalement les futurs enseignants, sauf ceux en enseignement des ST. Ces conceptions coexisteraient chez plus d'un enseignant sur deux (55,3 %). Ces explications du vivant sont fortement influencées par la connaissance en biologie d'un enseignant, c'est-à-dire par sa formation scientifique; de sorte que les futurs enseignants en ST et les biologistes se dissocient de ces explications métaphysiques par une majorité certaine (80,6 %). À cet effet, le décloisonnement de la biologie par son enrichissement de notions de physique et de chimie par l'entremise d'une

modélisation atomique et moléculaire du vivant, constitueraient des conditions propices pour favoriser le dépassement de l'obstacle chez l'apprenant, selon Astolfi et Peterfalvi (1997) et Monchamp (1997). D'ailleurs, ce dernier précise que la remise en cause de sa conception vitaliste de l'être vivant est le résultat de ses études universitaires en biochimie, en génétique, sur l'énergie (thermodynamique appliquée à la biologie) et de lectures en épistémologie de la biologie. En quelque sorte, ce parcours proposé est semblable à celui retrouvé chez les futurs enseignants en ST et les biologistes. En effet, ils ont accès à une culture scientifique en biologie, en biochimie, en physique et en chimie lors de leur passage au cégep et qui sera étoffée dans leur programme d'études universitaires. Cela peut contribuer, sans tenir compte de l'obstacle « métaphysique », à construire une conception plus scientifique du vivant. L'ensemble de ces connaissances contribue donc à une conceptualisation plus matérialiste du vivant que magique. En contrepartie, cela suggère que les enseignements généraux sur le vivant, typique du parcours des enseignants (sauf en ST), ne sont pas suffisants ou ne tiennent pas compte de cet obstacle épistémologique et qui se maintient notamment chez ces derniers.

La présence de conceptions animiste et vitaliste fait obstacle à la compréhension même de ce qu'est le vivant et de ce qui distingue le vivant de la matière inerte. Cette présence chez les enseignants est source d'interrogation, car dès le primaire, les élèves sont appelés à aborder différents concepts du vivant, dont sa caractérisation, sa transformation et son organisation (MELS, 2009), et la compréhension même du vivant semble insuffisante. Par la persistance de ces obstacles dans la pensée de 55,6 % des futurs enseignants, voire chez 19,4 % des futurs biologistes et enseignants en ST, on peut se demander à quel moment, dans le parcours scolaire, est pris en charge l'enseignement du vivant et du non-vivant et de quelle façon. Une analyse partielle des programmes du MELS permet de pointer certains éléments qui auraient pu contribuer au maintien de cet obstacle et qui laissent place au questionnement. Avant que soit

adopté le cours « Éthique et culture religieuse » (MELS, 2010), « la distinction entre le vivant et le non-vivant » relevait du cours « Enseignement moral » au primaire (MELS, 2006, p. 278) et non pas des cours de science et technologie (ST) en tant qu'objet scientifique. Depuis 2010, ces concepts ne font plus partie du programme ni de la progression des apprentissages au primaire. En somme, auparavant, l'enseignement du vivant était discuté sous un référentiel « moral ». Tel un obstacle didactique (Astolfi, 1992), ce découpage disciplinaire et, par le fait même, le contexte didactique entourant ces savoirs fondamentaux semblent laisser place aux diverses interprétations des élèves. Cela pourrait expliquer, en partie, le maintien des conceptions animiste et vitaliste dans la compréhension du vivant. Et ce qui est d'autant plus préoccupant aujourd'hui est que la distinction entre le vivant et le non-vivant ne fait plus partie des savoirs essentiels prescrits par le Ministère. À titre comparatif, le programme français (en France) inscrit que la distinction entre vivant et non-vivant doit être initiée dès la maternelle (ministère de l'Éducation nationale [MEN], 2008)<sup>23</sup>. Dans le contexte actuel des programmes du MELS, l'enseignement en ST au primaire abordera divers concepts du vivant sans être en mesure de théoriser la distinction entre le vivant et le non-vivant vers une pensée plus rationnelle. Sont présentées ici quelques pistes de réflexion qui pourraient permettre d'intervenir auprès de ces obstacles chez l'étudiant universitaire. Il serait envisageable d'intervenir dans la formation des enseignants, dans les cours de didactique des sciences et technologie, de façon à créer un espace de réflexion sur leur propre conception du vivant et du non-vivant. Pour Monchamp (1997), l'apport de connaissances et « la prise de conscience de l'existence d'obstacles à une compréhension de phénomènes du vivant ont modifié totalement sa manière

---

<sup>23</sup> « À l'école maternelle, l'enfant découvre le monde proche; il apprend à prendre et à utiliser des repères spatiaux et temporels. Il observe, il pose des questions et progresse dans la formulation de ses interrogations vers plus de rationalité. Il apprend à adopter un autre point de vue que le sien propre et sa confrontation avec la pensée logique lui donne le goût du raisonnement. Il devient capable de compter, de classer, d'ordonner et de décrire, grâce au langage et à des formes variées de représentation (dessins, schémas). Il commence à comprendre ce qui distingue le vivant du non-vivant (matière, objets). » (MEN, 2008, p. 15)

d'organiser son enseignement » (p. 90). L'importance à accorder à ces obstacles et à une culture scientifique plus développée dans le cadre de la formation des enseignants devient des éléments majeurs pour une conceptualisation actualisée et plus matérialiste du vivant. Ultérieurement, un retentissement positif dans les stratégies didactiques à mettre en place dans la salle de classe pourrait se faire sentir et devenir des éléments centraux de recherches futures en épistémologie et en didactique.

### 5.2.2 Évolutionnisme

L'évolutionnisme est une conception centrale du vivant qui est, en soi, un enjeu pour les sciences biologiques contemporaines. L'acceptation et l'enseignement de la théorie de l'évolution, moteur du courant évolutionniste, est un sujet d'étude très fécond (Blackwell *et al.*, 2003; Jégou-Mairone, 2009; Perbal *et al.*, 2006). L'importance des concepts évolutionnistes trouve écho dans les programmes scolaires québécois. L'évolutionnisme pose ses bases dès le niveau primaire où la progression des apprentissages prescrit la notion d'évolution des êtres vivants sous la transformation du vivant (MELS, 2009). Ces apprentissages se poursuivent au secondaire où il est question de concepts touchant l'adaptation physique et comportementale du vivant, l'évolution et l'hérédité sous la diversité du vivant (MELS, 2011). En somme, les enseignants se doivent d'être bien formés de façon à répondre aux attentes du programme et, au cœur de l'enjeu, d'être en mesure de bien comprendre l'évolutionnisme et de transposer adéquatement ces concepts fondamentaux en situation d'apprentissage.

À l'issue des résultats de la présente étude, il est démontré que 84,7 % des futurs enseignants et biologistes adhèrent à la théorie de l'évolution (Miller *et al.* 2006). Dans une analyse plus fine, les futurs biologistes et enseignants en ST présentent un taux d'acceptation de 94,1 % de cet énoncé en comparaison à un taux d'acceptation de

83,7 % pour les étudiants des autres programmes d'enseignement où, en moyenne, 75,8 % et 74,2 %, respectivement, consentent à l'ensemble des énoncés évolutionnistes. Cette forte acceptation d'explications évolutionnistes est statistiquement indépendante de la formation universitaire, qu'elle soit de nature scientifique ou pas. Les programmes généraux d'enseignement du primaire au secondaire sont favorables aux enseignements de l'évolution, de l'adaptation des êtres vivants et leur transformation (MELS, 2009, 2011). Le contact avec la théorie de l'évolution dès le jeune âge et les divers concepts inhérents à cette conception du vivant peut contribuer à ce fort taux d'acceptation et d'explications homogènes, qui sont retrouvés chez tous les répondants. Jégou-Mairone (2009), qui a interrogé des enseignants du primaire en exercice, mentionne que c'est un résultat typique. Elle indique que la conception évolutionniste est une forme de consensus partagé chez des répondants de niveau culturel élevé où les idées évolutionnistes sont acquises. L'auteure observe un fort taux d'acceptabilité de l'idée d'évolution du vivant auquel 96 % y adhèrent. Néanmoins, 57 % estiment manquer de connaissances pour l'enseigner. Toutefois, l'auteure mentionne que peu importe la formation initiale, ils sont en mesure d'argumenter de manière pertinente pour soutenir la théorie de l'évolution, mais que les enseignants avec une formation scientifique présentent des arguments plus sophistiqués. En fin de compte, l'acceptation de l'idée d'une évolution du vivant est soutenue par les futurs enseignants (primaire, secondaire – aussi en ST, professionnel et adaptation scolaire) et biologistes, population ciblée dans le cadre de cette étude. Toutefois, la conception évolutionniste ne semble pas se suffire à elle-même. Elle s'associe soit au finalisme, qui y voit une forme d'intentionnalité, ou à l'interactionnisme, qui l'enrichit d'effets environnementaux. Ainsi, ils adhèrent majoritairement à l'évolutionnisme, mais sa compréhension adéquate est mise en doute par la présence du finalisme. À cet effet, les sections 5.2.2 et 5.2.3 discutent plus en profondeur de l'association de l'évolutionnisme avec le finalisme et de celle entre l'évolutionnisme et l'interactionnisme.

### 5.2.3 Évolutionnisme et finalisme

Cette étude a permis de mettre en valeur l'association qui existe entre les explications évolutionniste et finaliste du vivant. Les trois points saillants de cette section sont la confirmation d'une association entre ces deux conceptions, l'étendue d'adhésion aux explications finalistes du vivant, et l'influence de la connaissance en biologie sur la conception finaliste.

Jusqu'à présent, cet amalgame d'explications entre l'évolutionnisme et le finalisme était discuté d'un point de vue qualitatif où, sous un discours dit « évolutionniste », la compréhension sous-jacente semblait tendre vers une vision de finalité. En effet, cette association, voire cette confusion, a également été observée dans l'élaboration d'un schéma explicatif d'un élève (Fortin, 2008) et lors d'entretiens semi-dirigés (Bronner, 2007). Au regard des présents résultats, le finalisme, en plus d'être associé sous une même composante à l'évolutionnisme, est la conception la plus acceptée auprès de futurs enseignants et biologistes. On retrouve une acceptation du finalisme chez 91,6 % des futurs enseignants et 79 % chez les futurs enseignants en ST et les biologistes. L'adhésion à une conception finaliste du vivant est toutefois influencée par les connaissances en biologie. De ce fait, cette compréhension du vivant caractérise notamment les futurs enseignants (sauf ceux en ST). En conséquence, les futurs enseignants en ST et les biologistes sont 12,6 % de moins à adhérer à ces explications finalistes. Malgré l'influence de la connaissance sur cet obstacle, l'adhésion demeure majoritaire pour l'ensemble des futurs enseignants et biologistes.

Le finalisme entrave une conceptualisation actuelle du vivant et des concepts relatifs à l'évolution. Néanmoins, il domine dans les explications du vivant. Selon Coley et Tanner (2012), cette tendance à envisager le monde sous un regard finaliste serait due à des raisonnements naturellement retrouvés chez l'humain, nommé la pensée

téléologique<sup>24</sup>. Bronner (2007) parle plutôt d'une « attraction pour le finalisme » (p. 598) par le coût moindre à demeurer dans la pensée commune par rapport à l'effort cognitif engendré par le niveau d'abstraction de la notion de « hasard » soutenu par l'évolutionnisme. Selon Perbal *et al.* (2006), la notion de hasard est tout simplement difficile à concevoir, en plus d'être perçue « comme un paravent pour cacher l'ignorance des scientifiques : est expliqué par le hasard ce qui ne peut être expliqué autrement » (p. 21). Quelle que soit l'origine, Giordan (1996) énonce que « Quand le système d'enseignement n'en tient pas compte, les conceptions en place se maintiennent. Les connaissances enseignées glissent à la surface des apprenants sans même les concerner ou les imprégner » (p. 1). Pourtant, les concepts de l'évolution sont fondamentaux pour expliquer le vivant, son évolution ainsi que la biodiversité. Mentionnés à la section 5.2.1, les concepts entourant l'évolutionnisme sont présentés dès le primaire jusqu'au secondaire et ensuite, discutés avec plus de précision dans des parcours académiques postsecondaires en lien avec les sciences biologiques. En dépit de l'enseignement reçu, les résultats indiquent que le parcours académique n'a pas permis de rompre avec l'obstacle finaliste chez une large majorité de futurs enseignants et biologistes. Force est de constater que cet obstacle se maintient jusqu'au niveau universitaire et pourra vraisemblablement se prolonger dans des pratiques enseignantes (Kochkar, 2007; Monchamp, 1997; Peterfalvi, 1997).

En présence d'un finalisme qui teinte la conceptualisation du vivant, il est difficile de faire l'économie d'une discussion sommaire sur le *Intelligent Design*, courant

---

<sup>24</sup> La pensée téléologique est une composante centrale de la pensée quotidienne où un individu fait régulièrement des postulats téléologiques (des intentions), de sorte que les actions sont dirigées vers certains buts. C'est une structure de pensée importante dans l'interprétation intuitive des adultes pour expliquer les événements qui arrivent ou ceux anticipés (Coley et Tanner, 2012).

idéologique qui s'approprie les explications du vivant à l'intérieur d'un projet. Nouvelle forme du créationnisme<sup>25</sup>, le *Intelligent Design* (dessein intelligent) repose sur une conception finaliste. Sous un regard historique, Brousseau et Silberstein (2009) mentionnent que les tensions entre science et foi ont aidé les porteurs du créationnisme à développer un argumentaire, non plus basé sur le fixisme, mais en reconnaissant une forme d'évolution à l'intérieur d'un processus finaliste, plus acceptable dans nos sociétés contemporaines. Ainsi, l'évolutionnisme moderne, qui interprète l'évolution du vivant à l'intérieur d'un processus de mutations aléatoires et d'une sélection naturelle qui favorise la reproduction des organismes les mieux adaptés, se voit ainsi détourné des arguments empiriques et scientifiques (Perbal *et al.*, 2006). La présente étude ne permet pas de vérifier ou encore d'affirmer que cette conception idéologique, qu'est le dessein intelligent, soit présente chez les répondants. En revanche, malgré une forte adhésion aux explications finalistes, l'évolutionnisme moderne est largement accepté. Ces résultats suggèrent que la conception évolutionniste du vivant semble davantage incomprise par un obstacle épistémologique, que détournée vers une forme d'idéologie.

---

<sup>25</sup> Selon la typologie exposée par Perbal *et al.* (2006), le créationnisme présente trois catégories. La première étant le créationnisme strict qui refuse tous les faits et les théories liés à l'évolution, de même que l'âge de la Terre. Cela signifie également le rejet des découvertes dans les sciences de la physique, chimie, astrophysique et de la géologie. La seconde est un créationnisme progressif qui ne rejette par la théorie de l'évolution, mais estime qu'elle ne permet pas de tout expliquer. Seule l'intervention divine permet d'expliquer l'apparition d'événements importants dans l'histoire de la vie. Ainsi, une intervention de façon périodique est envisageable. Enfin, la troisième relève du néocréationnisme qui, apparue à la fin des années 80, se retrouve sous le nom du *Intelligent design*. Derrière ce courant, une ligne idéologique s'exprime clairement, qui « est de faire de la théorie du dessein intelligent une alternative acceptée par le monde scientifique et, que peu à peu, elle devienne dominante et influence les principaux domaines scientifiques et intellectuels, sociaux et culturels » (Jégou-Mairone, 2009, p. 62). Devant la complexité du vivant, seul un être supérieur peut en être responsable. Les créationnistes sont qualifiés d'intrusifs, car ils manipulent et réinterprètent les faits scientifiques en les niant, en les minant ou en cherchant à les faire plier sans faire de démonstrations par des expériences scientifiques formelles (Jégou-Mairone, 2009). Brousseau et Silberstein (2009) font la démonstration d'un créationnisme fixiste qui s'adapte aux époques en jouant sur une rhétorique argumentaire afin de s'immiscer dans les conceptions dominantes d'une époque donnée pour être plus acceptable et ainsi, de mieux s'imposer, qui explique l'apparition de la dite « théorie » du dessein intelligent.

Il devient donc pertinent de se donner des pistes de réflexion didactiques sur l'enseignement de l'évolution, de façon à favoriser le passage de l'obstacle finaliste vers une conceptualisation évolutionniste adéquate. Sont discutés ici quelques biais répertoriés, tels des déformations ou des travers de la pensée, et qui sont des éléments à considérer pour dépasser cet obstacle.

L'un d'eux repose sur la faute de raisonnement basée sur l'erreur de négligence de la taille de l'échantillon (Bronner, 2007). En d'autres mots, c'est « notre fréquente incapacité à tenir compte, dans notre appréciation d'un phénomène, du nombre d'occurrences qui ont présidé à son événement » (*ibid*, p. 602).

Le second biais relève d'une erreur de raisonnement fondée sur la négligence du temps, c'est-à-dire qu'il est difficile de projeter sur des millions d'années les modifications évolutives qui ont eu lieu jusqu'à aujourd'hui (Mignon et Closset, 2004). De façon à appréhender cet obstacle, dû au manque de perspective temporelle, Jégou-Mairone (2009) présente des séquences didactiques basées sur l'élaboration d'une ligne de temps (une corde de 46 mètres<sup>26</sup>), de la création d'un calendrier de l'histoire du vivant, etc., pour initier cette réflexion. Cela étant complété par des enseignements sur l'origine des espèces<sup>27</sup> et des fossiles<sup>28</sup>.

Quant au dernier biais, il évoque l'« interprétation systématique et exclusive du monde vivant en termes d'adaptation » (Dupouey, 2005, p. 93). Cela signifie que les explications liées au processus adaptatif sont axées surtout sur un « besoin » de

---

<sup>26</sup> En référence à l'âge de la Terre qui est de 4,57 milliards d'années.

<sup>27</sup> Au troisième cycle du primaire sont discutées les « grandes étapes de l'évolution des êtres vivants » (MELS, 2009, p. 11) et qui se poursuivent au premier cycle du secondaire (MELS, 2011, p. 20).

<sup>28</sup> Le MELS (2009) prescrit, au second cycle, des savoirs essentiels sur les fossiles (Univers vivant; propriété et caractéristique de la matière terrestre; Distinguer un fossile (ou une trace de vivant d'une roche). Ces apprentissages se poursuivent au deuxième cycle, en ST (MELS, 2011).

l'organisme plutôt que sur le hasard des mutations, qui invoque donc la conception finaliste (Mignon et Closset, 2004; Perbal *et al.*, 2006). À cet effet, les principaux savoirs essentiels (au primaire) ou concepts prescrits (au secondaire) sur l'évolution dans les programmes du MELS sont orientés vers le concept « d'adaptation<sup>29</sup> » du vivant. Ce biais mérite d'être pris en compte. Surtout à la lumière des résultats où les énoncés finalistes, qui évoquent la transformation du vivant en « réponse à un besoin », sont sans équivoque. À titre d'exemple, l'énoncé suivant : « La nature a doté l'Homme de dents, car il doit manger, couper et mâcher ses aliments » (voir tableau 5.2). Ainsi, l'Homme a été adapté pour répondre à un besoin qu'il avait. L'intégration d'explicitations entourant ce biais, au moins dans le cadre de la formation universitaire des enseignants et biologistes, serait appropriée afin que ceux-ci en soient conscients et soient outillés lorsqu'ils l'affronteront dans leur propre conceptualisation du vivant et dans leur pratique. Et ultérieurement, d'investiguer et de développer des stratégies didactiques afin d'appréhender adéquatement le concept d'adaptation auprès des élèves du primaire et du secondaire.

#### 5.2.4 Évolutionnisme et interactionnisme

L'association qui existe entre les explications évolutionniste et interactionniste a été mise en valeur par cette étude. Il y a 65,1 % des futurs enseignants et biologistes qui adhèrent à ces explications du vivant. Quant à l'acceptation des énoncés qui composent l'interactionnisme, on retrouve un taux moindre d'acceptation de 55,5 % pour les futurs

---

<sup>29</sup> Au primaire, l'élève « décrit des caractéristiques physiques et comportementales qui témoignent de l'adaptation d'un animal à son milieu (ex. : nageoire, griffe, couleur, enfouissement dans le fond marin, migration) » (MELS, 2011, p. 16). Pour le premier et le second cycles, sous l'univers vivant (systèmes et interaction), sont prescrits les savoirs essentiels suivants : Décrire des caractéristiques physiques qui témoignent de l'adaptation d'un animal à son milieu; Décrire des comportements d'un animal familier qui lui permettent de s'adapter à son milieu; Expliquer des adaptations d'animaux et de végétaux permettant d'augmenter leurs chances de survie (ex. : mimétisme, camouflage); Décrire des étapes de l'évolution des êtres vivants; Expliquer le processus de la sélection naturelle (MELS, 2009, 2011).

enseignants et de 58,2 % chez les futurs enseignants en ST et les biologistes. De plus, sous cette compréhension du vivant, l'appropriation de connaissances en biologie, au moyen de la formation, ne présente aucune influence.

L'interactionniste est compatible avec une compréhension actuelle du vivant où il est façonné à la fois par sa génétique et son milieu de vie. Les futurs enseignants et biologistes étaient invités à se positionner sur l'effet du milieu et des habitudes de vie. L'interactionnisme prend donc en compte l'effet environnemental sur l'expression des caractères. Discutée par Atlan (1999) et reprise dans les études de Clément (2004) et Castéra *et al.* (2007), une possible période de rupture avec un déterminisme strict semble se produire, où une vision plus complexe sur les notions d'interactions entre la génétique et l'environnement est en émergence. Cette conceptualisation s'avère donc en adéquation avec le nouveau paradigme sous lequel évoluent, actuellement, les savoirs en biologie dont les concepts moteurs sont la plasticité cérébrale et l'épigénétique (Atlan, 1999; Kochkar, 2007; Morange, 2005). Cependant, au questionnaire des connaissances (QcoV), 87,4 % des futurs enseignants et 85,3 % des futurs enseignants en ST et des biologistes n'approuvaient pas ou ne connaissaient pas le concept d'épigénétique. Il faut garder à l'esprit que les études scientifiques, sous le paradigme interactionniste, sont récentes dans l'histoire de la biologie. Les concepts de plasticité cérébrale et d'épigénétique sont toujours au cœur d'études actuelles, tels des savoirs en production<sup>30</sup>. Selon les niveaux de transposition didactique du passage aux savoirs produits jusqu'aux savoirs scolaires, plusieurs étapes sont nécessaires (Thouin, 2009). Cela peut expliquer, en partie, que ces savoirs soient peu compris dans la mesure où ils ne sont pas ou peu enseignés<sup>31</sup>. Toutefois, la culture scientifique universitaire des

---

<sup>30</sup> Les savoirs en production sont les conclusions des recherches et des études actuellement réalisées par les scientifiques (Thouin, 2009).

<sup>31</sup> En d'autres mots, à partir des savoirs produits et diffusés, il y a une sélection et une transformation de ces derniers en fonction des valeurs du système éducatif et ils deviennent alors des savoirs à enseigner, retrouvés dans le programme officiel (Thouin, 2009). Étant des concepts récents, le chemin à parcourir entre les savoirs savants à ceux institutionnalisés exige un processus qui implique

biologistes et des enseignants en ST est en étroite relation avec les savoirs produits, par l'entremise de la lecture d'articles scientifiques récents et de travaux basés sur ceux-ci. Cette nuance dans leur formation devrait leur conférer une meilleure compréhension ou acceptation de l'interactionnisme, ce qui ne semble pas être le cas. Et d'ailleurs, la formation universitaire, qu'elle soit de nature scientifique ou pas, ne démontre pas d'influence sur cette conception du vivant. Malgré cela, la conceptualisation du vivant sous des explications évolutionniste-interactionniste est la deuxième évoquée dans la compréhension du vivant pour tous les répondants confondus et qui est au fait des avancées scientifiques par sa compréhension sous sa forme évolutive et d'interactions complexes et flexibles entre le génome et le milieu de vie.

### **5.2.5 Déterminisme héréditaire et déterminisme comportemental**

Dans cette section seront discutés les principaux éléments marquants dont la distinction entre un déterminisme héréditaire et comportemental des répondants, la place minoritaire qu'occupent les conceptions déterministes dans la conceptualisation du vivant, et enfin, l'effet de la connaissance en biologie sur l'adhésion à une conception déterministe comportementale.

D'une part, les répondants font une distinction entre un déterminisme héréditaire et un déterminisme comportemental. Ces conceptions déterministes se regroupent sous différentes composantes présentant des faibles taux d'acceptation de 35,8 % à 39,1 %, et de 43,4 % à 44,0 % respectivement.

---

du temps, qui s'exprime en un décalage entre ces types de savoirs, expliquant qu'ils soient peu enseignés actuellement.

À titre comparatif, du côté des élèves, selon les données répertoriées par l'American Association for the Advancement of Science [AAAS] (2012), ceux âgés de 11 à 14 ans et ceux âgés de 15 à 18 ans acceptent à 64 % et 57 % que *les gènes soient des traits caractéristiques*<sup>32</sup>, alors que 72 % et 83 % adhèrent au fait que *l'information génétique (ou l'ADN) affecte les caractéristiques physiques de l'humain*<sup>33</sup>. De plus, l'AAAS montre que 59 % (11-14 ans) et 61 % (15-18 ans) adhèrent au fait que *les comportements humains soient affectés par l'ADN*<sup>34</sup>, tel que formulé par une conception déterministe comportementale. Cette étude illustre que ces énoncés, qui relèvent des conceptions déterministe héréditaire et comportementale, sont majoritairement acceptés.

Au regard des résultats de la présente étude, l'adhésion en un déterminisme (héréditaire ou comportemental) est plus faible (entre 35,8 % et 44,0 %) que celle indiquée par l'AAAS. Toutefois, le déterminisme comportemental est légèrement plus accepté que le déterminisme héréditaire. Et c'est sur cette conception même que la formation scientifique a un impact significatif, notamment pour les futurs enseignants (sauf en ST) qui y adhèrent davantage à 45,3 % contre 30,8 % chez les futurs biologistes et enseignants en ST. Même minoritairement retrouvée chez les futurs enseignants, l'adhésion en un déterminisme comportemental peut soulever des questions. On aborde ici l'association de l'intelligence, d'un comportement alcoolique ou un talent musical fixés dans le bagage génétique de l'enfant. Ces observations sont source d'interrogations quant à la prédisposition d'un enseignant face à un apprenant, si son

---

<sup>32</sup> L'AAAS indique que 64 % (11-14 ans) et 57 % (15-18 ans) adhèrent aux énoncés *Genes are traits et A gene and the expression of the gene a characteristic or trait are the same thing* (AAAS project 2061, RHM045 et RHM008).

<sup>33</sup> L'AAAS indique que 28 % (11-14 ans) et 17 % (15-18 ans) adhèrent à l'énoncé *The information in the DNA molecules of a human does not affect the physical characteristics of the human* (AAAS project 2061, RHM086).

<sup>34</sup> L'AAAS indique que 41 % (11-14 ans) et 39 % (15-18 ans) adhèrent à l'énoncé *The information in the DNA molecules of a human does not affect the behaviors of the human* (AAAS project 2061, RHM090).

intelligence ou ses talents sont fixés d'avance. Au regard de ces conceptions déterministes, les études consultées, de même que celle-ci, sont de l'ordre de la description du phénomène (AAAS, 2012; Clément 2004; Clément et Forissier, 2001). Toutefois, l'étude d'Abrougui et Clément (1996) se distingue par le développement d'une séquence didactique axée sur les concepts d'hérédité, où l'obstacle (déterminisme comportemental) est central et arrimé à un investissement réel de l'élève. Cette stratégie didactique d'objectif-obstacle s'est avérée favorable au dépassement d'un déterminisme comportemental. La séquence didactique investie a été à même de susciter un conflit cognitif chez l'apprenant (10 ans), où la conception en un déterminisme associé aux traits comportementaux s'est estompée de façon notoire. Dans le cas de la présente étude, les répondants dissocient consciemment le déterminisme héréditaire du comportemental. Ces éléments pourront être considérés afin de mieux cibler l'obstacle et sa prise en compte didactique. Ainsi, par une prise de conscience de l'obstacle, selon Fabre (2013), une rupture est alors possible par des moyens spécifiques mis en place qui seront à investiguer dans de futurs projets de recherche.

### **5.2.6 Interactionnisme et déterminisme**

Comme mentionné dans la section 5.2.2, l'interactionnisme s'inscrit dans un changement de paradigme où un « monde » est en développement (Atlan, 1999; Morange, 2005). Ainsi, une rupture éminente semble se dessiner entre le déterministe strict et l'interactionnisme (Atlan, 1999; Clément 2004, 2007).

Dans l'étude présente, les conceptions déterministes sont les moins évoquées dans la compréhension du vivant des futurs enseignants et biologistes. En contrepartie, l'interactionnisme s'avère être admis majoritairement par ceux-ci. Sans prétendre observer un phénomène de rupture épistémologique, les répondants semblent du moins

intégrer cette compréhension du vivant qui relativise l'apport des gènes en favorisant un modèle interactif entre le vivant et son milieu, entre un déterminisme héréditaire et l'effet de l'environnement. Ainsi, une ouverture à l'interactionnisme est observée, mais sa compréhension demeure toutefois modeste selon leur peu de connaissances de l'épigénétique. Kochkar (2007) mentionne que l'enseignement de la plasticité et l'épigénèse cérébrale suscite une modification significative de la conception déterministe. De sorte que l'introduction de ces concepts pourrait contribuer à mieux comprendre ces nouveaux savoirs qui soutiennent la conceptualisation interactionniste du vivant et en favorise son acceptation, au détriment d'un déterminisme strict.

### **5.2.7 Conception-obstacle à la compréhension contemporaine du vivant**

Par l'entremise d'une épistémologie spécifique à la biologie, est introduite ici l'importance de prendre en considération l'histoire de la biologie, qui est spécifique à la compréhension de son objet qui est le « vivant ». Cette perspective d'étude considère donc une compréhension conceptuelle de la nature même du vivant qui est intimement reliée à la construction des savoirs sous divers paradigmes. Ces conceptions paradigmatiques, qui structurent la construction des savoirs biologiques et tentent d'expliquer son objet, peuvent orienter ou, selon, faire obstacle à la conceptualisation du vivant.

Dans le contexte québécois, nous n'en connaissons que très peu sur ces conceptions et conceptions-obstacles sur le vivant susceptibles d'entraver la pensée scientifique des futurs enseignants et biologistes. Cette étude permet d'alimenter une réflexion et une prise de conscience de l'éventail de ces conceptions qui coexistent chez l'apprenant universitaire, de se questionner sur les conceptions désuètes par rapport aux savoirs scientifiques stabilisés, notamment sur les conceptions-obstacles et, ultérieurement, leur prise en compte didactique de façon plus éclairée.

À cette étape de la discussion, l'étude a mis en lumière la coexistence de conceptions et de l'effet de connaissances sur certaines d'entre elles. L'apport des connaissances en biologie, au moyen de la formation, contribue à la modification de conceptions-obstacles dans la conceptualisation du vivant, dont l'animisme, le vitalisme, le finalisme et le déterminisme comportemental. En revanche, leur présence est toujours cernée et pour certains, à des taux élevés (par exemple, le finalisme). Ainsi, l'exposition à des savoirs sans prendre en compte les conceptions-obstacles mentionnées ci-haut, influence la compréhension du vivant, mais sans être en mesure d'obtenir une adéquation cohérente entre les conceptions et les connaissances actualisées en biologie. Dans ce cas, un « travail » sur la pensée de l'apprenant semble être nécessaire afin de mettre en place une compréhension contemporaine du vivant. Dans une telle perspective, que ce soit pour l'apprenant qu'est l'enseignant et biologiste en formation, ou pour le professionnel qu'il sera, des stratégies didactiques devront être mises en place afin de favoriser le développement de la pensée scientifique en adéquation aux explications actuelles du vivant. Les résultats de la présente étude pourraient être rapidement réinvestis lors de la formation universitaire des enseignants et biologistes. Car selon les travaux de Fabre (2013), une première prise de conscience de la coexistence des conceptions actuelles avec des conceptions-obstacles est fondamentale. L'explicitation de ces dernières, selon le contexte, est nécessaire afin de favoriser une rupture, un dépassement de l'obstacle ainsi que le développement d'une pensée critique, telle une vigile intellectuelle. Subséquemment, sous le regard de la pratique enseignante et à l'intérieur de la relation pédagogique, le praticien sera en mesure de solliciter la prise de conscience chez l'apprenant des conceptions-obstacles sans perdre de vue les conceptions à favoriser. De sorte que par leur explicitation, par la création d'une situation de rupture, leur substitution peut en être facilitée et de nature plus durable. D'où la pertinence, également, d'explorer de nouvelles situations didactiques auprès des futurs enseignants et biologistes, porteurs de la culture scientifique en biologie, qui prendront en considération l'ensemble de ces éléments et

en estimeront les retombées positives dans la sphère de l'enseignement en sciences et technologie, notamment dans l'univers du vivant.

### 5.3 Attitudes face aux enjeux relatifs au vivant

Un des points majeurs discutés dans cette section est le degré positif d'acceptabilité de l'ensemble des enjeux, sauf dans le cas du dépistage génétique et du clonage.

Tout d'abord, dans le but d'alimenter la discussion, il est important de rappeler que plusieurs dimensions peuvent participer à l'orientation d'une attitude. Bien qu'il soit habituellement admis que le bagage de connaissances puisse favoriser l'expression d'une attitude positive envers les technologies relatives au vivant, celle-ci pourrait aussi dépendre d'autres facteurs, dont le type d'applications, le contexte envisagé, l'organisme ciblé, ainsi que le but poursuivi (Simonneau et Simonneaux, 2005; Sturgis *et al.*, 2005). En se référant aux adultes européens, Pardo, Midden et Miller (2002) évoquent que ce n'est pas tant les biotechnologies en soi qui modifient l'attitude, mais plutôt la relation entre la fin et les moyens. Dawson et Schibeci (2003) et Siegrist (2000) mettent en relief deux facteurs qui influencent l'attitude et qui contribuent à différencier les enjeux relatifs au vivant. Le premier facteur est attribuable à la nature de l'application de la technologie où une application à des fins médicales est davantage estimée que celle touchant l'alimentation. Le second facteur met en lumière une forme de hiérarchie du vivant<sup>35</sup> qui influence l'attitude, positive ou négative, selon le « type » d'organismes manipulés. Les enjeux technologiques concernant les micro-organismes sont de loin les plus acceptés en comparaison aux enjeux relatifs aux plantes, suivi des humains et des animaux (Simonneaux et Simonneaux, 2005). En outre, Sjöberg (2004)

---

<sup>35</sup> L'attitude semble plus favorable à l'égard des applications technologiques sur les micro-organismes (> 90 % acceptent), les plantes (71-82 %), les humains (42-45 %) et enfin les animaux (34-40 %) (Dawson et Schibeci, 2003).

propose que le sentiment d'interférer dans les processus naturels puisse influencer négativement sur l'attitude. C'est donc au regard de tous ces éléments d'analyse que seront discutés les résultats obtenus pour les enjeux, qui ont été présentés sous la forme de mises en situation.

D'ordre général, les résultats révèlent que les enjeux qui sont bénéfiques pour l'humain d'un point de vue médical (sauf le clonage) sont largement acceptés. En contrepartie, l'enjeu impliquant un chou-fleur hybride, quoique non spécifié comme étant un OGM, se voit moins bien accepté par l'ensemble des répondants. Cela rejoint Sturgis *et al.* (2005) qui ont fait la démonstration que le type d'application agit, de façon déterminante, sur l'attitude; de sorte qu'une application alimentaire est nettement moins acceptable qu'une application médicale. Sjöberg (2004) et Siegrist (2001) attribuent cela au fait que les retombées bénéfiques des technologies médicales sont davantage reconnues que pour les retombées des technologies alimentaires. Dans ces cas présents, les applications médicales sont davantage acceptées que la consommation d'un aliment hybride.

De façon plus précise, l'utilisation des cellules souches et la thérapie génique à des fins médicales sont des enjeux qui se démarquent positivement par leur degré d'acceptabilité auprès de 73,5 % à 92,7 % des répondants. Quant aux enjeux touchant le dépistage prénatal (69 % et 64,7 %) et la modification des micro-organismes à des fins environnementales (66,1 % et 69,7 %), ils se maintiennent à des degrés d'acceptabilité similaires, l'un étant dédié à un bien-être de l'humain et l'autre à des fins médicales et éventuellement, au bien-être de l'humain. Ces derniers enjeux sont suivis de près par un enjeu alimentaire touchant la consommation d'un chou-fleur hybride (65,1 % et 58,8 %). Enfin, la mise en situation axée sur l'application d'un dépistage génétique (médecine prédictive) présente un patron de réponses particulier, car seule une minorité des futurs enseignants en ST et biologistes l'acceptent (44,1 %

contre 65,7 %). Enfin, l'enjeu qui interpelle le clonage à des fins médicales fait classe à part, car il inspire une attitude négative pour l'ensemble des répondants (38 % et 32,4 %).

L'utilisation des cellules souches pour fins médicales est l'enjeu le plus accepté de tous. L'ensemble des répondants expriment peu de réticence face à leur usage. À titre indicatif et comparable, une enquête réalisée par la Commission européenne (2010) révèle que 70 % des adultes français sont favorables à l'utilisation des cellules souches<sup>36</sup>. Quant à l'enjeu concernant le dépistage prénatal, il est considéré comme acceptable par une majorité de répondants. Scuffham, McNerny-Leo, Ng et Mellick (2014) démontrent que le niveau de connaissance n'a pas d'effet sur la prise de position du dépistage prénatal pour une maladie spécifique, où 58 % des adultes interrogés y sont favorables. Selon Klop et Severiens (2007), quel que soit le niveau de connaissances ou l'attitude rébarbative aux applications génétiques, les apprenants (entre 12 et 18 ans) se montrent favorables au dépistage prénatal. Lindahl (2008) mentionne qu'un adulte présentant des risques génétiques liés à une grave maladie est davantage intéressé à l'application des technologies génétiques dans le dépistage prénatal et dans le traitement de la maladie. À cet effet, Gollust, Thompson, Gooding et Biesecker (2003) démontrent que 87 % des adultes touchés par une maladie génétique grave souhaitent un dépistage prénatal, mais seulement 29 % d'entre eux voudraient l'appliquer à la population en général. Enfin, les répondants démontrent une attitude favorable à l'égard de l'enjeu entourant l'usage et la modification de micro-organismes à des fins environnementales. À cet effet, Pardo *et al.* (2002) indiquent que 79 % des adultes européens se montrent en faveur de la modification des micro-

---

<sup>36</sup> « La recherche sur les cellules souches consiste en un prélèvement de cellules sur des embryons humains qui ont moins de deux semaines. Ces cellules ne seront jamais transplantées dans le corps d'une femme, mais seront utilisées pour cultiver de nouvelles cellules qui pourront ensuite être utilisées dans le traitement de maladies dans toutes les parties du corps. Diriez-vous que...? » (Commission européenne, 2010, p. 129).

organismes à des fins utilitaires pour l'humain (exemple : vaccin), dont 71 % considèrent cela comme moralement acceptable. Pour leur part, Dawson et Schibeci (2003) rapportent que les élèves de 16 ans sont généralement favorables au génie génétique appliqué sur les micro-organismes dans le domaine de la pharmaceutique. Dans la présente étude, le type d'organisme modifié est comparable. Il semble que la modification génétique d'un micro-organisme, même en contexte différent, soit un enjeu qui demeure largement acceptable.

Enfin, l'attitude se voit modifiée pour les enjeux relatifs au clonage et au dépistage génétique. Pourtant à usage médical, ces deux enjeux sont litigieux pour les futurs enseignants et biologistes. Cette même prise de position est également observée dans les travaux de Simonneaux et Simonneaux (2005), où les élèves du secondaire présentent une position nettement négative face au clonage animal et plutôt ambivalente à propos du dépistage génétique. Le clonage est toujours une source de débats dans nos sociétés et demeure un sujet controversé (Bernard, 2013). Cet enjeu implique une manipulation du vivant, voire des cellules humaines. Au regard de travaux de Sjöberg (2004), cet enjeu peut évoquer une apparence de « risque » encouru ou encore, d'interférer dans les processus naturels pouvant influencer négativement une attitude. Par ailleurs, le *National Science Board* (NSB, 2004) mentionne que 65 % des États-Uniens s'opposent fortement au clonage reproductif et 90 % considèrent cet enjeu comme amoral. Cependant, une incompréhension de l'enjeu est décelée, où 91 % des répondants affirment ne pas bien comprendre la différence entre le clonage reproductif et le clonage thérapeutique. Avec une meilleure compréhension des applications du clonage (entre reproductif et thérapeutique), cette statistique se voit modifiée, alors qu'une minorité (46 %) se dit en défaveur du clonage thérapeutique (NSB, 2004). Dans la présente étude, la mise en situation précise que le clonage est réalisé à des fins médicales. Au regard de ces statistiques du NSB (2004), les futurs enseignants et biologistes témoignent d'une position similaire au public états-uniens

(qui se dit confondre le clonage reproductif et thérapeutique), car 62 % et 67,6 % des répondants sont en défaveur de l'enjeu. Ultérieurement, l'exploration des raisons évoquées face à leur prise de position sera pertinente à étudier, à savoir si l'enjeu est bien compris quant à sa sphère d'application.

Pour les enjeux présentés précédemment, aucune influence significative n'est constatée quant à l'effet de la connaissance sur l'attitude. Les seuls cas qui se distinguent sont les enjeux concernant le test de dépistage génétique et la thérapie génique, dont il sera question dans la section suivante.

### **5.3.1 Effet des connaissances sur l'attitude**

La connaissance en biologie, par l'intermédiaire de la formation scientifique, influence l'attitude des futurs enseignants en ST et biologistes pour les enjeux entourant le dépistage génétique et la thérapie génique. Une culture scientifique en biologie alimente une attitude plus négative envers ces enjeux. Pourtant, rares sont les études qui démontrent une corrélation inverse entre le bagage de connaissances en science, voire en biologie, et une attitude négative (Jallinoja et Aro, 2000; Lindahl, 2008).

Dans le cas du dépistage génétique, les futurs enseignants en ST et biologistes se démarquent par une attitude en défaveur de l'enjeu (44,1 %), en comparaison à leurs pairs (65,7 %). En cohérence avec ces résultats, des études révèlent que de façon générale, le dépistage génétique est généralement moins bien accepté dans une population. Mais l'expérience avec la maladie génétique et une faible scolarité seraient des éléments qui favoriseraient l'acceptation de cet enjeu (Lindahl, 2008). À cet effet, une étude a révélé qu'à bas niveau de connaissances en génétique (77,1 % des répondants adultes), 97 % d'entre eux acceptent le dépistage génétique spécifique à une maladie avec laquelle ils sont en contact, tel un « diagnostic » (Scuffham *et al.*,

2014). Malgré cette large acceptation de cet enjeu, ces mêmes adultes acceptent, mais dans une moindre mesure (78 %), le dépistage génétique « prédictif » à une maladie spécifique (Scuffham *et al.*, 2014). Les arguments en faveur de l'enjeu reposent sur le désir de connaître les risques encourus chez un enfant, à chercher des thérapies et à aider la science dans la recherche d'un traitement, tandis que les inquiétudes sont surtout liées aux réactions émotionnelles, à l'exactitude des tests, aux questions d'assurances et liées à l'emploi (NSF, 2004; Scuffham *et al.*, 2014). Par ailleurs, l'étude menée par Jallinoja et Aro (2000) illustre que les plus sceptiques face au dépistage génétique sont ceux ayant un haut niveau de connaissances. Dans le cas de l'étude présente, les étudiants ayant un bagage significatif de connaissances en biologie se distinguent par une attitude négative, créant un écart de 21,6 %. Face à cet enjeu, Pardo *et al.* (2002) indiquent qu'une majorité d'adultes européens (83 %) ont une attitude favorable pour les tests de dépistage génétique. Néanmoins, 40 % d'entre eux évoquent des risques pouvant être associés à la procédure. Dans le cas de la présente étude, la distinction entre l'attitude et le sens critique n'a pu être mise en évidence, ce qui pourrait éventuellement influencer sur une prise de position. Par conséquent, une des limites notables de cette portion de l'étude est de ne pas pouvoir expliciter les raisons orientant l'attitude. Ce qu'une approche qualitative aurait pu combler. Néanmoins, certains auteurs fournissent des pistes de réflexion qui pourront être réinvesties dans des études ultérieures. Ceux-ci indiquent que ces individus, à haut niveau de connaissances, percevraient davantage les risques encourus. Les raisons fréquemment évoquées sont la crainte d'une dérive vers l'eugénisme ou d'une forme de discrimination sociale (Jallinoja et Aro, 2000; Gollust *et al.* 2003; Lindahl, 2008).

Cette même influence des connaissances sur une attitude plus négative est observée pour l'enjeu entourant la thérapie génique. Cette application, dont l'objectif est de modifier un gène « malade » pour une version saine, est bien acceptée de tous. Malgré cela, les futurs enseignants en ST et les biologistes démontrent une attitude moins

favorable avec un écart de 13,7 % de leurs pairs. Lindahl (2008) mentionne que le risque est à considérer dans un tel choix. Est-ce que dans ce cas-ci, tout comme indiqué pour le dépistage génétique, le risque perçu influencerait l'attitude? À titre comparatif, un énoncé<sup>37</sup> équivalent a été présenté à la population européenne. L'étude révèle que 71 % des Français sont favorables à la thérapie génique et que l'éducation est l'un des facteurs déterminants (Commission européenne, 2010). Bien que le taux d'acceptabilité s'avère similaire (73,5 %) et que les résultats témoignent aussi de l'influence du facteur « connaissances », le sens de l'effet sur l'attitude est toutefois inverse. Tout comme discuté précédemment, une étude plus en profondeur serait intéressante, à savoir, quelles sont les raisons évoquées afin de mieux cerner cette modification d'attitude. Est-ce bel et bien une attitude en défaveur de l'enjeu ou plutôt une attitude qui reflète une position plus critique ou nuancée?

En somme, les mises en situation ont été construites à partir d'enjeux qui sont abordés pendant la scolarité d'élèves, du primaire au secondaire, ou encore au cégep. Ces enjeux sont considérés comme centraux dans le développement de la culture scientifique des élèves, à titre de futurs citoyens (MELS, 2006, 2011)<sup>38</sup>. L'attitude des futurs enseignants et biologistes face à ces enjeux devient en lui-même un enjeu, car cette attitude est une prémisse à une prise de position, qui pourra avoir des répercussions sur la direction que peut prendre leur pratique. Ainsi, l'ensemble des résultats expose que l'attitude des futurs enseignants et biologistes est majoritairement positive face aux enjeux. Malgré cela, une moyenne de 29,9 % d'entre eux présente

---

<sup>37</sup> « Des scientifiques travaillent également sur la thérapie génique qui implique le traitement de maladies héréditaires en intervenant directement sur les gènes humains. Diriez-vous que...? » (Commission européenne, 2010, p. 137).

<sup>38</sup> Dès le primaire seront discutés « la transformation du vivant et sa consommation » ainsi que « Impact des activités humaines sur l'environnement (pollution, etc.) » qui rejoint les mises en situation Q50 et Q52. Au secondaire, la progression des apprentissages prescrit des apprentissages en génétique (croisement d'animaux ou végétaux pour l'obtention d'un caractère ciblé) et sur les biotechnologies (procréation médicalement assistée, culture cellulaire, OGM, clonage, traitement des eaux usées, biodégradation des polluants), rejoint les mises en situation Q50, Q52, Q53, Q54.

une attitude négative, soit environ trois enseignants ou biologistes sur dix, pour tous les enjeux. Cependant, l'attitude négative envers le clonage est notoire. Ils sont, en moyenne, 64,7 % en défaveur de cet enjeu. Pourtant, le clonage est généralement abordé lors de la formation secondaire et au cégep, de sorte que, tel un indicateur ou un signal, cet enjeu pourrait être repris lors de la formation des enseignants et biologistes de façon à en faire un enjeu de réflexion. À savoir, mieux le comprendre et prendre de la distance afin de mieux situer leur propre attitude ainsi que leurs intentions de comportement lors de l'enseignement de l'enjeu en question.

De plus, l'effet de la connaissance ne représente pas l'influence attendue dans la recension des écrits. Il semble ici que ce facteur génère une position plus négative. N'étant pas en mesure d'évaluer les raisons sous-jacentes à cette attitude, une approche méthodologique plus ouverte, voire qualitative, est un bon allié afin d'y répondre. Elle permet d'approfondir et d'explicitier davantage les attitudes actuelles de nos porteurs de la culture scientifique en biologie. Une deuxième limite perçue est que malgré l'attitude généralement positive face aux technologies du vivant, il n'est pas possible de vérifier si les répondants sont à l'aise ou ouverts à les aborder en classe. Leslie et Schibeci (2006) ont investigué la question. Les auteurs révèlent que les barrières à leur enseignement reposent principalement sur la formation scientifique de l'enseignant. Plus les connaissances et références scientifiques sont étoffées, plus grande est la confiance de l'enseignant envers ses propres moyens pour les explorer en classe. Inversement, un bas degré de connaissances, auquel s'y ajoute un manque de vocabulaire approprié, limite les recherches et les ressources de l'enseignant face aux enjeux. D'autres études évoquent que les enseignants en exercice se montrent ouverts à introduire des enjeux dans leur enseignement, mais qu'un nombre restreint le font en raison de contraintes curriculaires, par manque de préparation ou par peur d'imposer leurs propres valeurs aux apprenants sur des sujets « non neutres » (Bernard, 2013). De plus, les travaux de cette auteure indiquent que la présence médiatique de l'enjeu et le

type de formation scientifique antérieur sont d'autant de facteurs influents qui orientent la prise en charge et l'importance accordée à certains enjeux en classe. À cet effet, les enjeux qui relèvent du domaine de la génétique dominant dans les intentions d'enseignement, dont les OGM, le clonage et les cellules souches. Ce qui est remarquable est que l'attitude face aux enjeux qui leur semblent importants soit négative. Des enseignants mentionnent que le clonage « est un enjeu incontournable auquel on ne peut échapper, car ce qui touche à la constitution même de l'humain concerne tout le monde » (p. 392), ou encore qu'il présente des idées potentiellement déstabilisantes. Un autre enseignant évoque l'importance de s'intéresser aux OGM, car cet enjeu soulève des questions éthiques, des besoins de rentabilité au détriment de la santé et de sécurité par leur risque de propagation dans l'environnement. Enfin, lorsque l'attitude est favorable à l'enjeu, l'enseignant n'ose l'aborder, de peur de ne pouvoir prendre le recul nécessaire face aux aspects « contre » l'usage de cellules souches dans la thérapie génique. Pour l'ensemble, grâce aux cours en biologie, ils aspirent tous à contribuer à la formation des citoyens de demain, disposés à exercer leur rôle, et que leur pratique pédagogique se développe en cohérence avec leurs valeurs et leurs idéaux éducatifs (Bernard, 2013).

Pour terminer, il a été possible d'évaluer l'attitude face aux divers enjeux sociobiologiques. Cependant, le sens à lui donner ainsi que l'aisance à intégrer ces enjeux en situation d'enseignement, sont des aspects importants qui n'ont pu être explorés dans la présente étude. En effet, la forme du questionnaire, soit des mises en situation, ne permet pas de cibler les raisons sous-jacentes à une prise de position et d'estimer l'aisance des futurs enseignants et biologistes d'aborder ces différents enjeux en classe. Cette étude exploratoire fait état des attitudes généralement perçues chez les futurs enseignants et biologistes et qui trouvera, sans nul doute, résonance dans de futures recherches en épistémologie ou en didactique.

#### 5.4 Interrelation entre les conceptions, les attitudes et les connaissances

Pour reprendre les hypothèses de recherche, cette étude a permis de mettre en lumière la coexistence de conceptions chez les futurs enseignants et biologistes. Certaines d'entre elles s'avèrent désuètes face aux savoirs actuels et font office d'obstacle à une compréhension contemporaine du vivant. Sous les cinq groupes de conceptions, ce qui est notoire est que l'évolutionnisme s'associe au finalisme ainsi qu'à l'interactionnisme, que le déterminisme se scinde en deux, pour former le déterminisme héréditaire et comportemental, et enfin, qu'il y a une association entre l'animisme et le vitalisme. La connaissance influence la dissociation aux conceptions métaphysiques (animiste et vitaliste), finaliste et déterministe comportemental dans la conceptualisation du vivant. Ces conceptions paradigmatiques, source d'obstacle épistémologique historique, sont donc modulées par l'apport d'une culture scientifique en biologie. Aussi, l'attitude des futurs enseignants et biologistes est positive face aux enjeux relatifs au vivant, dont l'usage de cellules souches, la thérapie génique, le génie génétique appliqué aux micro-organismes, le dépistage prénatal, la consommation d'aliments hybrides, sauf pour le dépistage génétique et le clonage. Par ailleurs, la connaissance a de l'influence que sur deux enjeux, dont le dépistage génétique et la thérapie génique. Dans les deux cas, la connaissance influence négativement l'attitude envers ces enjeux.

En guise de rappel au schéma antérieurement illustré dans la problématique (figure 5.1), ce dernier se voit adapté à la lumière des résultats. La connaissance en biologie, acquise par l'entremise de la formation, a un effet sur les conceptions-obstacles sans toutefois influencer les conceptions actuelles du vivant, dont l'évolutionnisme, le déterminisme héréditaire et l'interactionnisme. De même que sur les sept mises en situation composées d'enjeux sociobiologiques, la connaissance en biologie influence

l'attitude que sur deux d'entre eux, soit le dépistage génétique et la thérapie génique, et ce, de façon négative.

Au regard du processus cognitif précédant une prise de position, la présente étude a permis de positionner la connaissance comme étant le principal facteur influant parmi les trois concepts centraux à l'étude à savoir la conception, la connaissance et l'attitude. Dans ce cas, le modèle linéaire inspiré de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975) n'est pas conciliable avec les résultats où les connaissances agissent, à la fois, sur certaines conceptions du vivant et sur l'attitude envers deux enjeux. Par ailleurs, la présente étude n'a pas été en mesure de mettre en valeur une interrelation entre les conceptions et l'attitude. Dans ce contexte, les résultats ne sont pas tout à fait compatibles avec le modèle interactionnel de Clément (2004). Ce dernier établit des liens entre les pôles « valeurs » et « pratiques » qui évoquent l'influence de conceptions, d'idéologie, etc. sur la pratique ou sur une intention de comportement face à une mise en situation. Dans l'état actuel des résultats et du choix méthodologique, il demeure difficile de valider ce modèle cognitif proposé par Clément. Néanmoins, par l'entremise du questionnaire développé dans la présente étude et de questions ouvertes ou d'entretiens semi-dirigés à propos des mises en situation, des liens entre la conceptualisation du vivant et l'attitude face aux enjeux relatifs au vivant pourraient être explorés.

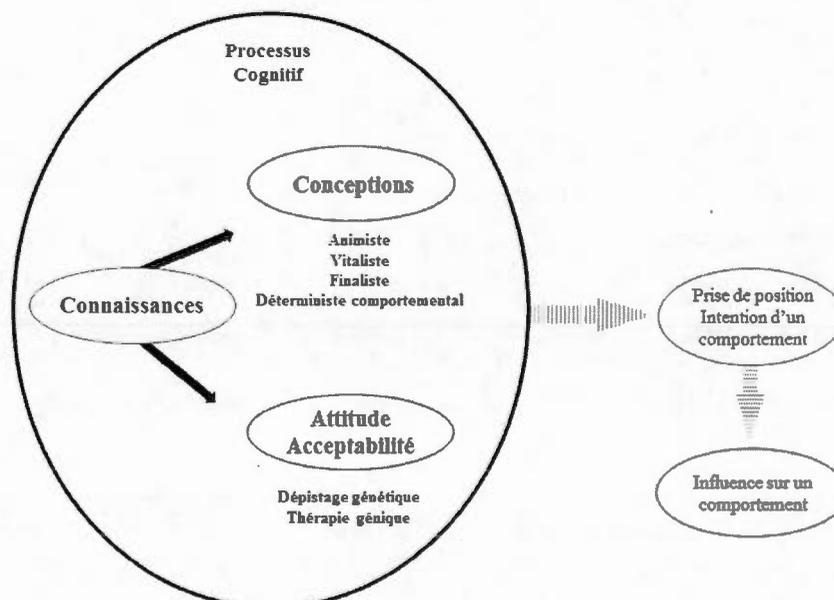


Figure 5.1 Ajustement de la représentation schématique des concepts investigués dans le cadre de la présente étude.

### 5.5 Limites

Cette étude, par son choix méthodologique et son grand nombre de concepts et sous-concepts explorés, présente ses forces et ses limites. Le questionnaire des conceptions permet d'entrevoir les tendances face à l'adhésion aux conceptions qui sont statistiquement valables. Toutefois, il serait pertinent d'élaborer davantage chacune des composantes. Dans le but d'améliorer la précision de la mesure du QCpV, une augmentation du nombre d'énoncés par composante serait justifiée afin de mieux cibler les courants philosophiques ainsi que leurs nuances. Par exemple, certains énoncés présentés dans l'enquête nationale de l'AAAS (2012) pourraient contribuer à améliorer la consistance interne des conceptions déterministe héréditaire et comportementale. Quant au finalisme, accepté par une majorité, il devrait être représenté par un plus grand

nombre d'énoncés plus explicites quant à une évolution dans le cadre d'une intentionnalité, d'une finalité.

Une autre limite du questionnaire est que chacun des enjeux doit être traité « au cas par cas », comme argumenté par Pardo *et al.* (2002) et Klop et Severiens (2007). Pour des raisons explicitées en introduction de la section 5.3, les facteurs qui influencent une attitude sont nombreux et divers. De plus, une fois le degré d'acceptabilité estimé, il est impossible de cerner les raisons qui les orientent. Dans une future recherche, un espace dans le questionnaire serait à envisager, de façon à ce que les répondants puissent justifier leurs prises de position. À cet effet, Lindahl (2008) mentionne que l'attitude envers les enjeux relatifs au vivant peut être variable. Ainsi, cette attitude change selon le contexte et le type d'application et qui, selon le cas, peut être sensible au bagage de connaissances (Lindahl, 2008). En conséquence, l'attitude envers les enjeux relatifs au vivant semble de nature complexe. Dans le cas de la présente étude, la connaissance peut influencer l'attitude, mais négativement. Cela est en contradiction avec ce qui est généralement observé, où le scepticisme ou une attitude plus négative sont liés au manque de connaissances (Lindahl, 2008). Et le facteur prédictif de l'acceptabilité d'enjeux relatifs aux technologies du vivant est principalement l'intérêt et le degré de connaissances sur le sujet (Pardo *et al.*, 2002). Dans une perspective de recherche, il sera intéressant d'investiguer la nature de l'attitude de façon à lui donner « un sens ». Dans la présente étude, une attitude moins favorable représente-t-elle une position réellement rébarbative (négative) ou plutôt critique, nuancée, ou encore, plus consciente des risques? Les arguments sous-jacents à l'attitude, pour l'ensemble des enjeux, permettraient ainsi d'orienter de nouvelles situations didactiques de façon à favoriser une meilleure compréhension de ces enjeux en fonction des arguments soulevés par les apprenants universitaires (enseignants et biologistes), de les confronter à leur propre attitude et ainsi créer un espace réflexif face à ces enjeux.

Enfin, l'aspect le plus limitatif de cette recherche est son incapacité à établir un lien entre l'attitude et les conceptions du vivant. L'attitude face à deux enjeux et certaines conceptions (animiste, vitaliste, finaliste et déterministe comportemental) sont influencées par les connaissances en biologie. Par contre, l'établissement de liens entre ces deux dimensions (attitude et conception) n'a pu être réalisé. La complexité de chacune par les différents éléments constitutifs, dont sept mises en situation distinctes et cinq grands ensembles de conceptions du vivant, n'a pas permis d'avoir accès à cette information. Afin d'en faciliter l'étude, une approche mixte pourrait être considérée.

### **5.6 Retombées et perspective de recherches**

Tout d'abord, cette étude a permis de développer un nouvel outil répondant aux critères scientifiques retrouvés dans le domaine de mesure et d'évaluation. Cet instrument de mesure a démontré sa capacité de faire émerger les grands traits conceptuels dominants, apport important dans une compréhension plus fine de la conceptualisation du vivant ainsi que l'attitude envers des enjeux relatifs au vivant chez l'apprenant universitaire que sont les futurs enseignants et biologistes, mais aussi à titre de futurs acteurs de l'éducation, au cœur de situations d'apprentissages. Ainsi, ce nouvel outil de mesure pourra être réinvesti dans de futures recherches dans le domaine de l'épistémologie et dans l'éducation aux sciences et technologie.

Cette étude propose une approche plus théorique dans la conceptualisation du vivant où sept conceptions du vivant coexistent chez les futurs enseignants et biologistes. Cela concorde avec l'idée qu'il existe une épistémologie spécifique à la biologie et qui influence la compréhension commune des savoirs disciplinaires et la conceptualisation même du vivant. Ce rapport aux savoirs disciplinaires en biologie, dans l'explicitation et la conceptualisation du vivant, pourra être réinvesti dans leur formation. Cette première prise de conscience de la coexistence des conceptions actuelles avec des

conceptions-obstacles est essentielle et nécessaire afin de favoriser une rupture, un dépassement de l'obstacle et le développement d'une pensée critique et scientifique (Fabre, 2013). Subséquemment, l'enseignant ou le biologiste sera en mesure de solliciter la prise de conscience chez l'apprenant des conceptions-obstacles sans perdre de vue les conceptions à favoriser. Ainsi, cette recherche procure des éléments qui pourront être réinvestis à court terme dans la formation des enseignants et biologistes afin qu'ils aient une portée réflexive et critique sur leur rapport aux savoirs disciplinaires à la lumière de leurs propres conceptions du vivant, de façon à en prendre conscience. Ainsi, ils seront en mesure de les confronter aux savoirs actualisés en biologie et, par la suite, dans leur pratique enseignante.

Par ailleurs, la connaissance en biologie ne permet pas d'accentuer les conceptions contemporaines du vivant, mais favorise plutôt l'atténuation d'obstacles pouvant interférer dans sa conceptualisation actuelle. En effet, la formation scientifique ne favorise pas une meilleure compréhension d'une conceptualisation évolutionniste et interactionniste du vivant. Par contre, cette même formation a un impact sur les obstacles qui interfèrent dans la compréhension même du vivant (obstacles animiste et vitaliste), dans la compréhension de l'évolutionnisme (obstacle finaliste) et dans une conception complexe et flexible (obstacle déterministe comportemental). Par ces deux niveaux de réflexion et sous une perspective didactique il serait intéressant de pousser les recherches en situations d'apprentissage de façon à développer des séquences didactiques qui, non seulement considèrent l'obstacle, mais favorisent davantage l'évolutionnisme et l'interactionnisme. Dans ce contexte, en considération de l'ensemble de ces éléments, il devient pertinent d'explorer de nouvelles situations didactiques dans la formation des futurs enseignants et biologistes et d'en mesurer les retombées positives dans la sphère de l'enseignement en sciences et technologie, sous l'univers du vivant. Ainsi, la création de nouvelles situations d'enseignement sera à développer, de façon à bien cibler les obstacles, pour en favoriser la rupture et sa

substitution de façon durable, tout en ciblant également les conceptions adéquates à la compréhension du vivant.

De plus, cette étude a révélé que l'attitude globale des enseignants et biologistes est généralement positive face aux enjeux relatifs au vivant, sauf dans le cas de la thérapie génique et du clonage. La connaissance a peu d'impact sur ces enjeux, sauf pour le dépistage génétique et la thérapie génique, où elle influence négativement l'attitude. Tels un indicateur ou un signal, ces enjeux pourront être repris lors de la formation universitaire de façon à en faire des enjeux de réflexion. Des espaces de recherche d'informations, de débat et de réflexion permettraient d'en explorer les pourtours. Cet espace de réflexion favoriserait une meilleure compréhension de ceux-ci et une prise de distance afin de mieux situer leur propre attitude et leurs intentions de comportement lors de l'enseignement des enjeux donnés.

En somme, à court terme, la formation des enseignants en didactique des sciences et technologie et des biologistes aurait avantage à mettre l'accent sur une prise de conscience de l'ensemble des conceptions qui ont jalonné l'histoire de la biologie et d'identifier leurs propres conceptions du vivant, puisqu'une prise de conscience de la coexistence des conceptions actuelles avec des conceptions-obstacles est fondamentale. À moyen terme, leur prise en compte didactique de façon plus éclairée, tant dans les objectifs ou situations d'enseignement que dans la formation universitaire de ces derniers serait une avenue de recherche pertinente et prometteuse à nos yeux.

## CHAPITRE VI

### CONCLUSION

*« On ne peut se prévaloir d'un esprit scientifique tant qu'on n'est pas assuré, à tous les moments de la vie pensive, de reconstruire tout son savoir »*

*Bachelard, La formation de l'esprit scientifique (1967)*

En épistémologie de la biologie, il y a un vaste champ de recherches en lien aux problématiques du vivant qui demande à être exploré et approfondi, que ce soit sous l'angle du rapport aux savoirs disciplinaires en biologie, de leur construction, des obstacles repérés, ou encore dans les fondements des pratiques liées à la didactique des sciences, sous l'univers du vivant. Dans un discours descriptif et de compréhension, afin d'alimenter la réflexion, cette étude a fait état de la situation par l'identification d'éléments et de relations entre les concepts centraux de l'étude. Elle a donc souhaité porter un regard global afin d'y repérer les composantes cruciales qui seront étudiées de façon plus précise, pour ensuite, viser à réaliser des liens entre les aspects théoriques vers ceux d'ordre pratique.

Les apports de cette étude dans le domaine de l'épistémologie de la biologie et de l'éducation aux sciences et technologie du vivant ont été possibles grâce à l'élaboration d'un nouvel instrument de mesure. Celui-ci, fiable et validé, a la capacité d'interroger de multiples facettes chez un même individu dont ses conceptions du vivant, son

attitude et ses connaissances en biologie. L'outil de mesure ainsi que la démarche de la recherche ont permis l'atteinte des objectifs, la confirmation des hypothèses à priori ainsi que de cibler les améliorations à apporter au dispositif d'enquête pour une mise au point de celui-ci dans le cadre de futures recherches. Ainsi, le processus de validation de l'outil par l'entremise du paradigme de Churchill s'avère une démarche méthodologique qui encadre efficacement l'élaboration et la validation d'une nouvelle échelle de mesure.

De ce nouvel outil de mesure, cette étude a démontré sa capacité à faire émerger les grands traits conceptuels dominants, c'est-à-dire la compréhension théorique du vivant chez les enseignants et biologistes en formation (Simard *et al.*, 2013). L'identification d'une épistémologie spécifique à la biologie et les différentes formes sous lesquelles elle se présente sont un apport important dans une compréhension plus fine de la construction des savoirs biologiques chez un apprenant. Dans le contexte québécois, voire dans le domaine de la didactique des sciences et technologie en général, l'amalgame de conceptions et d'obstacles susceptibles d'orienter ou d'entraver la pensée enseignante, et vraisemblablement celle des apprenants dans leur conceptualisation du vivant, sont peu documentés (Cizeron, 2009; Crahay *et al.*, 2010). La présente étude aspire donc à donner de nouveaux points de repère quant à l'état de la situation actuelle et des pistes de réflexion pour le développement de nouveaux dispositifs didactiques. De ce fait, cette démarche a comme premier objectif d'alimenter une prise de conscience de l'éventail des conceptions pouvant coexister chez les futurs enseignants et biologistes à titre d'apprenants universitaires et futurs porteurs de la culture scientifique en biologie. Ces travaux ont permis de porter un nouveau regard quant à la nature multidimensionnelle des conceptions du vivant. Cinq grandes composantes conceptuelles ont été mises en valeur. Ainsi, des explications de nature animiste, vitaliste, évolutionniste, finaliste, interactionniste, déterministe héréditaire et déterministe comportemental ont émergé et coexistent de façon

significative chez les enseignants et biologistes en formation. D'une part, l'étude a mis en perspective la présence d'une compréhension interactionniste-évolutionniste du vivant chez une majorité des enseignants et biologistes, correspondant à une conceptualisation contemporaine du vivant. Cependant, la formation scientifique ne semble pas influencer davantage cette compréhension actuelle du vivant. D'autre part, l'étude a également mis en lumière l'étendue de l'adhésion aux explications finaliste-évolutionniste du vivant, de même qu'elle a révélé la présence et l'association des conceptions animiste et vitaliste chez un répondant sur deux. Enfin, l'étude témoigne de la présence et de la dissociation des conceptions déterministe héréditaire et déterministe comportemental chez les futurs enseignants et biologistes. Face à ces conceptions-obstacles, la formation scientifique a eu un effet positif quant à leur modification, mais à divers degrés. L'influence la plus marquante a lieu sur les conceptions animiste et vitaliste, qui s'estompent de façon notable. Toutefois, pour le finalisme, sa modification est favorisée mais pas suffisamment, car elle se retrouve toujours chez une majorité d'entre eux.

Pour reprendre l'expression d'Astolfi et Peterfalvi (1997), la présente étude a permis de « cartographier » (p. 193) un ensemble de conceptions sur le vivant constitué également d'obstacles. Ce passage descriptif et exploratoire est essentiel afin de mieux cerner la structure de la pensée résistante. Préalable et nécessaire, cette étape prépare le terrain afin d'instaurer subséquentement des séquences didactiques permettant de cibler adéquatement un obstacle à la fois ou ce réseau d'obstacles (Astolfi et Peterfalvi, 1993, 1997). D'où la pertinence, dans de nouvelles perspectives de recherche, d'explorer des situations didactiques, sous la loupe d'objectifs-obstacles, qui prendront en considération les conceptions-obstacles mises en relief. D'un autre point de vue, il sera pertinent d'envisager des situations didactiques qui favoriseront une meilleure compréhension de l'évolutionnisme de même que celle interpellant davantage les concepts sous-jacents à l'interactionnisme pour en supporter son intégration

conceptuelle qui ne semble pas être soutenue adéquatement dans les apprentissages des savoirs biologiques. En somme, cet ensemble de conceptions du vivant pourrait être pris en compte tant dans l'élaboration de dispositifs pédagogiques, dans la conceptualisation d'outils didactiques que lors de la formation universitaire. D'où la pertinence, dans des perspectives de recherche, d'explorer de nouvelles situations didactiques auprès des futurs enseignants et biologistes qui prendront en considération les conceptions et les conceptions-obstacles mises en relief et d'en estimer les retombées positives dans la sphère de l'enseignement universitaire et à plus long terme, dans le milieu pratique. Néanmoins, à court terme, la formation des enseignants en didactique des sciences et technologie et des biologistes aurait avantage à mettre l'accent sur une prise de conscience de l'ensemble des conceptions qui ont jalonné l'histoire de la biologie et d'identifier leurs propres conceptions du vivant, puisqu'une prise de conscience de la coexistence des conceptions actuelles avec des conceptions-obstacles est fondamentale. L'explicitation de ces dernières est nécessaire afin de favoriser une rupture, un dépassement de l'obstacle ainsi que le développement d'une pensée critique, tout en ne perdant pas de vue les conceptions actuelles à intégrer (Fabre, 2013).

On ne peut toutefois passer sous silence l'importance de la connaissance en biologie pour mieux appréhender son objet, qui est le vivant. D'emblée, la formation scientifique favorise une conceptualisation plus actuelle du vivant en atténuant la présence de conceptions-obstacles. Ce qui est toutefois remarquable, c'est que cette même formation ne favorise pas l'appropriation de conceptions actuelles du vivant. L'évolutionnisme et l'interactionnisme présentent des taux d'adhésion équivalents entre tous les répondants. Ce constat occasionne un espace de réflexion quant à la place de l'enseignement des concepts sous-jacents à une compréhension contemporaine du vivant. Est-ce que l'enseignement des ST, sous l'univers du vivant, permet de cibler adéquatement les conceptions du vivant à favoriser?

Par ailleurs, dans un contexte éducatif où la compréhension des enjeux sociétaux et l'esprit critique doivent être développés tout au long de la scolarité d'un élève, il importe d'explorer les contraintes possibles à un enseignement adéquat de ceux-ci. Cette démarche a donc comme second objectif d'explorer l'attitude des enseignants et biologistes en formation face à des enjeux sociobiologiques, qui sont au cœur de situations éducatives et qui peuvent avoir un effet dans l'orientation de celles-ci. L'attitude, comme élément d'obstruction ou comme catalyseur, peut jouer un rôle significatif dans l'importance accordée à l'un ou l'autre des enjeux, ou encore dans la manière de présenter ou débattre du sujet. Puisque ces enjeux relatifs au vivant et les savoirs qui lui sont rattachés ne sont pas totalement « neutres », l'attitude peut être alors influencée par des questions éthiques, sociétales, et par les débats qu'ils suscitent (Bernard, 2013; Bernard *et al.*, 2013; Pelletier, 2007). En plus de cela, plusieurs autres éléments sont à considérer, dont le type d'applications, le contexte envisagé, l'organisme ciblé, le but poursuivi, etc. Toutefois, la composante « connaissances » s'illustre comme étant un facteur fort et prédictif sur une orientation positive de l'attitude (Dawson et Schibeci, 2003; Klop et Severiens, 2007; Siegrist, 2000; Sjöberg, 2004; Sturgis *et al.*, 2005). Ainsi, face aux problématiques complexes impliquant le vivant, l'éducation aux sciences et technologie peut donc être envisagée comme une forme d'alphabétisation technoscientifique où une meilleure compréhension des enjeux oblige à considérer les liens complexes et favoriser la compréhension et le développement d'un esprit critique éclairé face à ceux-ci (Bernard, 2013). C'est donc aussi sous la loupe du bagage de connaissances en biologie que sont traitées les attitudes envers les divers enjeux relatifs au vivant.

La présente étude a mis en valeur une attitude généralement positive de la population, ce qui les prédispose à agir de manière favorable au sujet en question (Pelletier, 2007). À cet effet, une attitude majoritairement favorable est observée pour les enjeux qui touchent l'utilisation de cellules souches, la thérapie génique, le génie génétique

appliqué aux micro-organismes, le dépistage prénatal et l'alimentation. Seul l'enjeu relatif au clonage en tant qu'avancée scientifique d'un point de vue médical est perçu négativement par tous. En contrepartie, l'enjeu qui porte sur le test de dépistage génétique (médecine prédictive) se distingue par la présence d'attitudes opposées. Au regard de la formation scientifique, seule l'attitude envers les enjeux touchant la thérapie génique et le dépistage génétique est influencée. Dans les deux cas, les connaissances en biologie influencent, par la négative, l'attitude. En contradiction avec la majorité des écrits recensés, cette étude évoque que la formation scientifique favorise une position plus « négative » ou plus « critique » face à ces deux enjeux controversés. Cependant, l'attitude, qu'elle soit positive ou négative, n'est pas garante d'une pratique qui intègre l'enseignement de ces enjeux en classe. Cet aspect, qui n'a pas été touché dans le cadre de cette étude, sera à explorer ultérieurement.

## APPENDICE A

### QUESTIONNAIRE SUR LE MONDE DU VIVANT

#### VARIABLES INSTRUMENTALES

QUESTIONS	CHOIX DE RÉPONSES
Quel âge avez-vous?	
Sexe	<input type="radio"/> Féminin <input type="radio"/> Masculin
Vous avez complété votre secondaire :	<input type="radio"/> Dans un programme de sciences <input type="radio"/> Dans un programme à cheminement particulier <input type="radio"/> Autre
Avez-vous complété votre cégep?	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Dans quelle discipline avez-vous fait votre cégep?	<input type="radio"/> Sciences humaines <input type="radio"/> Sciences de la nature <input type="radio"/> Formation technique relative à la santé <input type="radio"/> Autre
Avez-vous des études universitaires complétées?	<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Si oui, dans quelle discipline?	
Dans quel programme universitaire étudiez-vous actuellement?	<input type="radio"/> Biologie <input type="radio"/> Éducation – préscolaire et primaire <input type="radio"/> Éducation – enseignement secondaire <input type="radio"/> Éducation – enseignement secondaire – Sciences et technologie <input type="radio"/> Éducation – enseignement secondaire – Univers social <input type="radio"/> Éducation – enseignement professionnel <input type="radio"/> Éducation – adaptation scolaire et sociale
Vous êtes à votre...	<input type="radio"/> 1 <sup>re</sup> année universitaire <input type="radio"/> 2 <sup>e</sup> année <input type="radio"/> 3 <sup>e</sup> année <input type="radio"/> 4 <sup>e</sup> année <input type="radio"/> 5 <sup>e</sup> année et plus

### QUESTIONNAIRE SUR LES CONCEPTIONS DU VIVANT

IL EST IMPORTANT DE RÉPONDRE SPONTANÉMENT AUX QUESTIONS SUIVANTES.  
MERCİ DE VOTRE PRÉCIEUSE PARTICIPATION!

Rang d'apparition	Numéro de l'énoncé		En désaccord	Plutôt en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
1	Q1	Biologiquement, un homme ne peut pas être aussi sensible et émotif qu'une femme.				
2	Q2	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir de très bons pianistes.				
3	Q3	Si l'on pouvait obtenir des clones d'Einstein, ils seraient tous très intelligents.				
4	Q4	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leur enfant à devenir alcoolique.				
5	Q5	Un homme qui développe ses muscles toute sa vie par la musculation, transmettra cette performance musculaire à sa descendance.				
6	Q6	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux ont des cerveaux identiques, et donc des comportements et des façons de penser identiques.				
7	Q7	Notre mode de vie et notre ADN agissent sur les gènes en les activant ou pas.				
8	Q8	Nous sommes et agissons selon nos gènes.				
9	Q9	L'être humain doit saisir, attraper et manipuler des choses, c'est pourquoi il a des mains.				
10	Q10	Les êtres vivants évoluent par la modification de leur ADN afin de mieux s'adapter à leur environnement.				
11	Q11	Les plantes ont développé des racines, ceci leur permet donc d'aller puiser de l'eau dans le sol.				
12	Q12	La nature a doté l'humain de dents, car il doit manger, couper et mâcher ses aliments.				
13	Q13	L'ADN de tous les individus d'une même espèce détermine les capacités d'adaptation dont cette espèce est capable.				
14	Q14	À partir de l'ADN d'un individu, il est possible de prédire une caractéristique psychologique.				
15	Q15	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux ont des réponses immunitaires identiques face à un rhume.				
16	Q16	Notre façon de vivre influence l'activation ou pas de nos gènes.				
17	Q17	Il y a peu que l'on puisse faire pour devenir plus intelligent, car les capacités de chacun sont fixées d'avance par leurs gènes.				
18	Q18	Chez les jumeaux identiques, l'un peut être droitier et l'autre gaucher.				

Rang d'apparition	Numéro de l'énoncé		En désaccord	Plutôt en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
19	Q19	En présence d'une maladie génétique identifiée, le développement de la maladie et l'ampleur des symptômes seront influencés par le milieu et la façon personnelle de vivre de l'individu.				
20	Q20	Chaque espèce animale apparaît sur Terre telle qu'observée et ne subira aucune transformation dans le temps.				
21	Q21	La sélection naturelle favorise les organismes vivants les mieux adaptés à leur milieu.				
22	Q22	Il existe une force interne aux organismes vivants (au-delà du physique) qui les anime, qui leur donne forme et vie.				
23	Q23	Le génome humain contient plus de gènes que celui de tous les autres êtres vivants sur la Terre.				
24	Q24	L'évolution tend vers la perfection des êtres vivants.				
25	Q25	Ce qui donne vie aux organismes vivants n'est pas seulement de nature physico-chimique, mais aussi par l'apport d'une certaine force extérieure qui les anime.				
26	Q26	L'être vivant est le résultat du déplacement de différentes molécules suivant des lois de physique et de chimie.				
27	Q27	Tous les phénomènes biologiques chez le vivant s'expliquent par des réactions pouvant être prédites dans le corps.				
28	Q28	L'évolution des organismes dépend uniquement de l'influence du milieu extérieur sur eux.				
29	Q29	Le vivant est le résultat de tous ses gènes et est dirigé par les lois de l'hérédité.				
30	Q30	Les êtres vivants sont la somme de la matière inerte et d'une force qui l'anime.				
31	Q31	Certains changements héréditaires existent sans qu'il y ait de modifications directes de l'ADN.				
32	Q32	L'ADN dirige le développement de notre corps et ainsi, on peut prédire notre aspect physique par nos gènes.				
33	Q33	Une certaine force externe essentielle et vitale fait fonctionner le corps humain.				
34	Q34	Le comportement social d'un être humain est dirigé par ses gènes.				
35	Q35	Tout être humain sera atteint uniquement des maladies auxquelles il a une prédisposition génétique.				
36	Q36	L'environnement est essentiel pour qu'il y ait une activation ou pas des gènes.				
37	Q37	Les êtres humains, tels que nous les connaissons, se sont développés à partir d'animaux antérieurs.				

**QUESTIONNAIRE SUR LES ATTITUDES ENVERS DES ENJEUX RELATIFS AU VIVANT**

		MISE EN SITUATION			
		En désaccord	Plutôt en désaccord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Q48	J'aimerais passer un test génétique afin d'identifier les maladies génétiques dont je suis porteur ou porteuse.				
Q49	Je crois que toutes les femmes enceintes devraient avoir accès à des tests de dépistage de maladies chez le fœtus et agir en conséquence des résultats.				
Q50	Je suis à l'aise de consommer du chou-fleur mauve qui est une variété génétique du chou-fleur blanc produit par croisement (hybridation).				
Q51	Atteint d'une maladie connue, j'aimerais que la médecine puisse changer le gène malade dans mes cellules pour le gène sain.				
Q52	Je suis d'accord à ce qu'on modifie l'ADN des micro-organismes de façon à ce qu'ils dégradent des agents polluants dans l'environnement et nocifs pour la santé.				
Q53	Le clonage est un avancement scientifique dont il ne faut pas se priver pour le développement des technologies médicales.				
Q54	Je suis d'accord avec l'utilisation de cellules souches pour réparer des tissus humains.				

### QUESTIONNAIRE SUR LES CONNAISSANCES EN BIOLOGIE

RAPPEL. Il est très important que vos réponses aux questions soient spontanées et sans aucune vérification externe, car ceci pourrait invalider le questionnaire.

Il n'y a pas de mauvaises réponses, **mais que des réponses avec lesquelles vous vous sentez à l'aise ou qui expriment le mieux vos connaissances!**

MERCİ DE VOTRE ENTIÈRE COLLABORATION!

CONNAISSANCES EN BIOLOGIE				
		Vrai	Faux	Je ne sais
Q56	Un seul gène peut exprimer plusieurs protéines.			
Q57	Un allèle est l'une des versions d'un même gène.			
Q58	La moitié de notre génome est hérité de la mère et l'autre du père.			
Q59	Pour le sexe de l'enfant, la mère transmet le chromosome déterminant, le X ou le Y.			
Q60	Les jumeaux identiques ont le même ADN.			
Q61	Les êtres vivants originent d'un même ancêtre commun.			
Q62	L'épigénétique est la transmission de caractéristiques acquises pendant la vie d'un individu.			
Q63	Certains gènes sont récessifs et d'autres dominants.			
Q64	L'expression d'un allèle dominant est une caractéristique dominante.			
Q65	Le génotype est la somme de tous les gènes d'un individu.			
Q66	Le phénotype est la somme des caractéristiques observables d'un individu.			
Q67	ADN : Principale composante d'un chromosome et support biochimique des caractères héréditaires.			
Q68	Homozygote : Un individu qui possède deux allèles différents.			

DÉFINITION : Les termes « **le vivant** », « **être vivant** » et « **organisme vivant** » sont utilisés comme des synonymes. Ces termes unissent **les plantes, les micro-organismes et les animaux** (dont l'humain fait partie).

## APPENDICE B

### Message courriel proposé pour le recrutement

Bonjour!

Je me présente, Catherine Simard, étudiante au doctorat en éducation. Par l'entremise de ma recherche doctorale, nous souhaitons contribuer à l'avancement d'une meilleure compréhension dans l'appropriation d'une **culture scientifique spécifique au monde du vivant**.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons développé un questionnaire qui permettra d'évaluer les perceptions que nous avons des êtres vivants.

Pour valider cet outil, nous avons besoin d'un **très grand nombre de personnes disposées à répondre au questionnaire, de façon intuitive**. Nous faisons donc appel à chacun de vous. Il s'agit de répondre au questionnaire, facilement accessible sur la plateforme internet, sous le titre de « *Questionnaire en éducation* » dans la section « *sondage* » et qui demandera de 10 à 15 minutes de votre temps en continu. **Ce questionnaire et le déroulement ne permettent pas de retracer l'identité du participant. Votre participation est donc absolument confidentielle.**

*\* Note : Étant donné les limites du site, vous devez **répondre au sondage tout d'un bout**. Il vous sera impossible d'y revenir.*

*Votre participation étant **très précieuse**, répondre à **toutes** les questions, sans quoi nous ne pourrions pas retenir votre participation, ce qui serait dommage.*

Par la suite, celles et ceux intéressés par les résultats, un court compte rendu, sous forme de message général tel que celui-ci, vous sera transmis.

**Nous vous remercions sincèrement pour votre très importante participation!**

Catherine Simard, UQAR  
Léon Harvey, Ph. D., UQAR  
Ghislain Samson, Ph. D., UQTR

## APPENDICE C

### **Consentement du participant à répondre au questionnaire sur le site Claroline**

**But de la recherche.** Nous sommes à l'étape de la validation d'un questionnaire ayant pour but d'évaluer les perceptions sur le vivant.

**Confidentialité.** Ce questionnaire et le déroulement ne permettent pas de retracer l'identité du participant. Votre participation est donc absolument confidentielle, tant auprès des chercheurs qui analyseront les réponses au questionnaire que lors de la communication des résultats.

**Participation.** Votre participation est entièrement volontaire. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Votre participation est retenue et considérée comme valide **seulement si vous répondez à toutes les questions.**

Il n'y a pas de mauvaises réponses, mais que des réponses avec lesquelles vous vous sentez à l'aise ou qui expriment le mieux votre pensée, vos idées. Nous demandons donc une spontanéité dans vos réponses et aucune consultation extérieure pour vérifier vos réponses aux questions.

**Avantages/inconvénients.** Le questionnaire demande environ 15 minutes de votre temps. Cependant, vous pouvez répondre au questionnaire dans un moment et dans un lieu qui vous convient le mieux. Votre participation à ce questionnaire peut également avoir une portée réflexive quant à votre propre perception du vivant.

### **CONSENTEMENT**

**Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus concernant ma participation à la validation de l'outil de recherche. J'en comprends le but, les avantages et les inconvénients.**

**Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement, par ma participation au questionnaire, à prendre part à cette recherche. Je sais que je peux me retirer à tout moment, sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.**

**Mon consentement libre est confirmé en poursuivant le questionnaire.**

## APPENDICE D

### Énoncés du questionnaire relatifs à l'épistémologie de la biologie

<b>ÉPISTÉMOLOGIE DE LA BIOLOGIE</b>	
<b>Finalisme :</b>	
Q22	La nature a doté l'humain de dents, car il doit manger, couper et mâcher ses aliments.
Q19	L'être humain doit saisir, attraper et manipuler des choses, c'est pourquoi il a des mains.
Q21	Les plantes ont développé des racines, ceci leur permet donc d'aller puiser de l'eau dans le sol.
<b>Animisme :</b>	
Q32	Il existe une force interne aux organismes vivants (au-delà du physique) qui les anime, qui leur donne forme et vie.
Q40	Le vivant est la somme de la matière inerte et d'une force qui l'anime.
<b>Vitalisme :</b>	
Q43	Une certaine force essentielle et vitale fait fonctionner le corps.
Q35	Ce qui donne vie aux organismes vivants n'est pas seulement de nature physico-chimique, mais aussi par l'apport d'une certaine force extérieure qui l'anime.
<b>Mécanisme :</b>	
Q36	L'être vivant est le résultat du déplacement de différentes molécules suivant les lois de physique et de chimie.
Q37	Tous les phénomènes biologiques chez le vivant s'expliquent par des réactions pouvant être prédites dans le corps.
<b>Fixisme :</b>	
Q30	Chaque espèce animale apparait sur Terre telle qu'observée et ne subira aucune transformation dans le temps.
<b>Transformisme :</b>	
Q34	L'évolution tend vers la perfection des êtres vivants.
Q38	L'évolution des organismes vivants dépend uniquement de l'influence du milieu extérieur sur eux.
Q15	Un homme qui développe ses muscles toute sa vie par la musculation transmettra cette performance musculaire à ses descendants.
<b>Darwinisme :</b>	
Q23	L'ADN de tous les individus d'une même espèce détermine les capacités d'adaptation dont cette espèce est capable.
Q31	La sélection naturelle favorise les organismes vivants les mieux adaptés à leur milieu.
Q47	Les êtres humains, tels que nous les connaissons, se sont développés à partir d'animaux antérieurs.
<b>ÉPISTÉMOLOGIE DE LA BIOLOGIE À L'ÈRE DE LA GÉNÉTIQUE</b>	
<b>Réductionnisme :</b>	
Q39	Le vivant est le résultat de tous ses gènes et il est dirigé par les lois de l'hérédité.
Q20	Les êtres vivants évoluent par la modification de leur ADN afin de mieux s'adapter à leur environnement.

<b>Déterminisme :</b>	
Q42	L'ADN dirige le développement de notre corps et ainsi, on ne peut prédire notre aspect physique que par nos gènes.
Q24	À partir de l'ADN d'un individu, il est possible de prédire une caractéristique psychologique.
Q13	Si l'on pouvait obtenir des clones d'Einstein, ils seraient tous très intelligents.
Q25	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux identiques ont des réponses immunitaires identiques face à un rhume.
Q16	Parce qu'ils ont des gènes identiques, les jumeaux identiques ont des cerveaux identiques, et donc des comportements et des façons de penser identiques.
Q33	Le génome humain contient plus de gènes que celui de tous les autres êtres vivants sur la Terre.
Q28	Chez les jumeaux identiques, l'un peut être droitier et l'autre gaucher.
Q11	Biologiquement, un homme ne peut pas être aussi sensible et émotif qu'une femme.
Q44	Le comportement social d'un être humain est dirigé par ses gènes.
Q12	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir de très bons pianistes.
Q14	Il existe chez les parents des facteurs génétiques qui prédisposent leurs enfants à devenir alcooliques.
Q45	Tout être humain sera atteint uniquement des maladies auxquelles il a une prédisposition génétique.
Q18	Nous sommes et agissons selon nos gènes.
Q27	Il y a peu que l'on puisse faire pour devenir plus intelligent, car les capacités de chacun sont fixées d'avance par leurs gènes.
<b>Interactionnisme :</b>	
Q26	Notre façon de vivre influence l'activation ou pas de nos gènes.
Q17	Notre façon de vivre et notre ADN agissent sur les gènes en les activant ou pas.
Q46	L'environnement est essentiel pour qu'il y ait activation ou pas des gènes.
Q29	En présence d'une maladie génétique identifiée, le développement de la maladie et l'ampleur des symptômes seront influencés par le milieu et le mode de vie personnelle de l'individu.
Q41	Certains changements héréditaires existent sans qu'il y ait de modifications directes de l'ADN.

## RÉFÉRENCES

- Abrougui, M. et Clément, P. (1996). Évolution des conceptions d'élèves de dix ans sur la génétique à la suite d'activités scolaires incluant une visite scolaire à la Cité des enfants. *Didaskalia*, 8, 33-60.
- Aikenhead, G. S. (1983). *Science in the schools : Social issue*. Toronto : Université de Toronto.
- Albe, V. et Simonneaux, L. (2002). L'enseignement des questions scientifiques socialement vives dans l'enseignement agricole : Quelles sont les intentions des enseignants? *Aster*, 34, 131-156.
- Albe, V. et Venturini, P. (2002). Relations entre la maîtrise conceptuelle d'étudiants en électromagnétisme et leurs rapports aux savoirs. Dans C. Amade-Escot, M. Caillot, C. Garcia-Debanc, P. Jonnaert, G. Kpazaï, L. Lafortune, S. Maury et S. Vincent (dir.), *Didactiques et rapports aux savoirs : Actes des 3<sup>es</sup> journées d'études Franco-Québécoises des didactiques* (p. 31-45). Paris : Laboratoire Éducation et Apprentissages (E.D.A.).
- Allum, N., Strurgis, P., Tabourazi, D. et Brunton-Smith, I. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: a meta-analysis. *Public Understanding of Science*, 17, 35-54.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : L'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138, 85-93.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (2012). *AAAS science assessment; Life science*. Récupéré de <http://assessment.aaas.org/topics>
- Ancet, P. (2004, octobre). *Le déterminisme génétique et la liberté de choix*. Communication présentée au Colloque génomique-génoéthique et anthropologique, Université de Montréal, Montréal.
- Anderson, G., Black, R., Prows, C., Tinley, S. et Jenkins, J. (2000). Preparing the nursing profession for participation in a genetic paradigm in health care. *Nursing Outlook*, 48, 23-27.

- Angers, M. (2000). *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*. Montréal : Centre éducatif et culturel.
- Armitage, C. J. et Conner, M. (2001). Efficacy of the theory of planned behavior : A meta-analytic review. *British Journal of Social Psychology*, 40, 471-499.
- Astolfi, J.-P. (1992). Apprendre par franchissement d'obstacles? *Repères*, 5, 103-116.
- Astolfi, J.-P. (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue française de pédagogie*, 103, 5-18.
- Astolfi, J.-P. et Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141.
- Astolfi, J.-P. et Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : Dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.
- Atlan, H. (1999). *La fin du « tout génétique »? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*. Paris : INRA.
- Bachelard, G. (1967). *La formation de l'esprit scientifique* (1<sup>re</sup> éd. 1938). Paris : Vrin.
- Bader, B. (2001). *Étude de conversations estudiantines autour d'une controverse entre scientifiques sur la question du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat inédite, Université Laval, Québec.
- Bardel, C. (1998). Vivant et non vivant, des conceptions des élèves de cycle 3 au nouveau programme de sixième. *Grand N*, 61, 87-104.
- Barma, S. (2007). 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.
- Beebee, T. et Rowe G. (2005). *An introduction to molecular ecology*. Oxford : University Press.
- Beillerot, J. (2003). L'analyse des pratiques professionnelles : Pourquoi cette expression? *CRAP Cahier pédagogique*, 416, 1-2.
- Berkman, M. et Plutzer, E. (2010). Scientific expertise and the culture war: Public opinion and the teaching of evolution in the 189ongress states. *Perspectives on Politics*, 7(3), 485-499.

- Berkman, M. Pacheco, S. et Plutzer, E. (2008). Evolution and creationism in America's classrooms : A national portrait. *PloS Biol*, 6(5), 920-924.
- Bernard, M.-C. (2013). Intégration de questions socialement vives (QS) en cours de biologie par des enseignants et enseignantes du collégial et du lycée. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 386-399.
- Bernard, M.-C., de Montgolfier, S., Simard, C. et dell'Angelo-Sauvage, M. (2013, juin). Formation à la citoyenneté du préscolaire au secondaire : regards croisés sur les programmes français et québécois au regard des enjeux entourant le vivant. *Colloque international « Les questions vives en éducation et formation : regards croisés France-Canada »; Thématique 1, Les valeurs éducatives au risque du néo-libéralisme*, 5-7 juin, Nantes, France.
- Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1996). L'enseignement des angles aux élèves de 10 à 13 ans : Identification d'un obstacle didactique. *Revue des sciences de l'éducation*, 22(2), 417-442.
- Besnier, J.-M. (2005). *Les théories de la connaissance*. Paris : Presses universitaires de France.
- Bêty, M.-N. (2010). Pont théorique entre les principaux modèles de changement conceptuel et l'enseignement des sciences au primaire. *Revue canadienne des jeunes chercheurs et chercheurs en éducation*, 3(1), 1-13.
- Blackwell, W., Powell, M. et Dukes, G. (2003). The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*, 37(2), 58-67.
- Blais, J.-G. et Raïche, G. (2003). *Regards sur la modélisation de la mesure en éducation et en sciences sociales*. Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval.
- Bonneuil, C. et Thomas, F. (2009). *Gènes, pouvoirs et profits : Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*. France : Édition Quae.
- Boudreault, P. (2004). La recherche quantitative. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (p. 151-180). Sherbrooke : Éditions du CRP.
- Bouroche, J.-M. et Saporta, G. (2002). *L'analyse des données*. Paris : Presses universitaires de France.

- Bourque, J., Poulin, N. et Cleaver, A. (2006). Évaluation de l'utilisation et de la présentation des résultats d'analyses factorielles et d'analyses en composantes principales en éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, 32(2), 325-344.
- Boutin, G. (1997). *L'entretien de recherche qualitatif*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Bressoud, E. (2002, septembre). *La force de l'attitude : Clarification conceptuelle et impact au sein du processus comportemental*. Actes des XVI<sup>es</sup> Journées Nationales des IAE (p. 1-14), 10-12 septembre, Paris.
- Bronner, G. (2007). La résistance au darwinisme : croyances et raisonnements. *Revue française de sociologie*, 48(3), 587-607.
- Brousseau, O. et Silberstein, M. (2009). Évolutionnisme(s) et créationnisme(s). Dans T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre et M. Silberstein (dir.), *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution* (p. 1027-1044). Paris : Éditions Syllepse.
- Fortin, C. (2008). L'enseignement de l'évolution au lycée, entre description et explication. Dans M. Coquidé et S. Tirard (dir.), *L'évolution du vivant : Un enseignement à risque?* (p. 15-34). Paris : Vuilbert, ADAPT-SNES.
- Brousseau, G. (1989). Obstacles épistémologiques, conflits socio-cognitifs et ingénierie didactique. Dans N. Bednarz et C. Garnier (dir.), *Construction des savoirs : obstacles et conflits* (p. 277-285). Montréal : CIRADE.
- Burns, K., Hackett, S. et Klein, N. (2002). Phylogenetic relationship and morphological diversity in Darwin's finches and their relatives. *Evolution*, 56, 1240-1252.
- Busca, D. et Toutain, S. (2009). *Analyse factorielle simple en sociologie : Méthodes d'interprétation et études de cas*. Belgique : De Boeck Université.
- Caillot, M. (2001). Rapport(s) au(x) savoirs et didactique des sciences. In P. Jonnaert & S. Laurin (dir.), *Les didactiques des disciplines : un débat contemporain* (p. 111-131). Québec : Presses de l'université du Québec.
- Caillot, M. (2014). Les rapports aux savoirs des élèves et des enseignants. Dans M.C. Bernard, A. Savard et C. Beaucher (dir.), *Rapports aux savoirs : clé pour analyser les épistémologies enseignantes et les pratiques de classe*. Récupéré de [http://lel.crires.ulaval.ca/public/le\\_rapport\\_aux\\_savoirs.pdf](http://lel.crires.ulaval.ca/public/le_rapport_aux_savoirs.pdf)

- Callon, M. et Latour, B. (1991). *La science telle qu'elle se fait*. Paris : Éditions La Découverte.
- Campbell, N. A. et Mathieu, R. (1995). *Biologie* (3<sup>e</sup> éd.). Bruxelles : De Boeck Université.
- Campbell, N. A. et Reece, B. (2004). *Biologie*. Québec : Éditions du Renouveau Pédagogique.
- Canguilhem, G. (1967). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- Castéra, J. et Clément, P. (2009a, septembre). *The genetic determinism of human performances. A comparison between teachers' conceptions in Finland and France*. Actes du congrès ESERA, Science curriculum and evaluation. Istanbul, Turquie.
- Castéra, J. et Clément, P. (2009b, octobre). *Les conceptions d'enseignants de 14 pays sur le déterminisme génétique de certaines performances et comportements humains*. Sixièmes journées scientifiques de l'ARDIST (Association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies), 14-16 octobre, Nantes, France.
- Castéra, J., Clément, P. et Bruguière, C. (2007, octobre). *La génétique humaine dans les manuels scolaires français et étrangers : persistance d'une idéologie héréditariste?* Actes des cinquièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST (Association pour la recherche en didactique des sciences et des technologies) (p. 65-71), 17-19 octobre, La Grande Motte, France.
- Castéra, J., Munoz, F. et Clément, P. (2007, août). Les conceptions d'enseignants du primaire et du secondaire sur le déterminisme biologique de la personnalité humaine dans 12 pays d'Europe, d'Afrique et du Moyen Orient. *Congrès international AREF (Actualité de la recherche en éducation et en formation)*, 28-31 août, Strasbourg.
- Cattell, R. B. (1966). The screetest for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1, 245-276.
- Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales [CNRTL]. Récupéré de <http://www.cnrtl.fr>
- Chang, S. N. et Chiu M. H. (2008). Lakato's scientific research programmes as a framework for analysing informal argumentation about socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753-1773.

- Churchill G. A. (1979). A paradigm for developing better Measures of marketing constructs. *Journal of Marketing Research*, 16, 64-73.
- Cizeron, M. (2009). La conception comme point d'appui à l'action. Étude de cas sur les conceptions des enseignants. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(1), 149-170.
- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique. Dix ans de recherche. *Aster*, 27, 57-93.
- Clément, P. (2004, juin). *Science et idéologie : exemples en didactique et épistémologie de la biologie*. Actes du colloque Sciences, Médias et Société ENS-LSH (p. 53-69). Lyon, France : L'École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines.
- Clément, P. (2008). Le regain créationniste concerne aussi les enseignants. Dans M. Coquidé et S. Tirard (dir.), *L'évolution du vivant : Un enseignement à risque?* (p. 197-204). Vuilbert : ADAPT-SNES.
- Clément, P. et Forissier, T. (2001, mai). *L'identité biologique n'est pas uniquement génétique : un défi pour un enseignement citoyen*. Conférence de LIRDHIST, 15-18 mai, France, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Clément, P. et Quessada, M.-P. (2008). Les convictions créationnistes et/ou évolutionnistes d'enseignants en biologie : une étude comparative dans dix-neuf pays. *Natures Sciences Sociétés*, 16, 154-158.
- Clément, P., Quessada, M.-P., Laurent, C. et Carvalho, G. (2008, septembre). *Science and religion : evolutionism and creationism in education. A survey of teachers conceptions in 14 countries*. Actes au XIII IOSTE Symposium, 21-26 septembre, Izmir, Turquie.
- Closon, C. (2009). La perception de la responsabilité sociale de l'Entreprise : adaptation et validation française de l'échelle de Maignan et Ferrell, 1999. *Psychologie du travail et des organisations*, 17(1), 43-56.
- Coley, J. et Tanner, K. (2012). Common origins of diverse misconceptions : Cognitive principles and the development of biology thinking. *CBE-Life Science Education*, 11, 209-215.
- Commission européenne. (2010). *Eurobaromètre spécial 341; Les biotechnologies*. Bruxelles : TNS Opinion & Social. Récupéré de [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_341\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_341_fr.pdf)

- Commoner, B. (2002). Unraveling the DNA myth: The spurious foundation of genetic engineering. *Harpers' magazine*, 304, 39-47.
- Conseil supérieur de l'éducation (CSE). (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire*. Québec, Le Conseil. Récupéré de <https://www.cse.gouv.qc.ca/fichiers/documents/publications/Avis/50-0481.pdf>
- Coquidé, M. et Vander Borgh, C. (1998). Des recherches en didactique de la biologie : finalités, problématiques, concepts et productions (1988-1998). *Aster*, 27, 95-123.
- Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology and Aging*, 78, 98-104.
- Crahay, M., Wanlin, P., Issaieva, E. et Laduron, I. (2010). Fonctions, structuration et évolution des conceptions (et connaissances) des enseignants. *Revue française de pédagogie*, 172, 85-129.
- Dawson, V. et Schibeci, R. (2003). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25(1), 57-69.
- De Montgolfier, S., Bernard, M.-C., dell'Angelo, M. et Simard, C. (2014). Éthique et enseignement des sciences du vivant : Regard sur les programmes France et Québec. Dans M.C. Bernard, A. Savard et C. Beaucher (dir.), *Rapports aux savoirs : clé pour analyser les épistémologies enseignantes et les pratiques de classe*. Récupéré de <http://lel.crires.ulaval.ca/>
- Désautels J. et Larochelle, M. (1994). À propos de la posture épistémologique d'enseignants et d'enseignantes de sciences. *Revue des sciences de l'éducation*. Montréal, ICPE.
- Doudin, P.-A., Pons, C., Martin, D. et Lafortune, L. (2003). Conceptions et connaissances : analyse de deux types de rapports au savoir. Dans L. Lafortune), C. Deaudelin, P.-A. Doudin et D. Martin (dir.), *Conceptions, croyances et représentations en math, sciences et technos* (p. 7-24). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Dupouey, P. (2005). *Épistémologie de la biologie : La connaissance du vivant*. Paris : Armand Colin.
- Ellul, J. (1988). *Le bluff technologique*. Paris : Hachette.

- Encyclopaedia Universalis s.a. informatisé. Récupéré de <http://www.universalis-edu.com>
- Fabre, M. (2013). Rupture épistémologique et travail sur les représentations. *Recherche en éducation*, 17, 62-72.
- Favre, D. et Verseils, I. (1997). Étude de l'acquisition et du réinvestissement du concept de surface portante. *Aster*, 25, 33-44.
- Fishbein, M. et Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA : Addison-Wesley.
- Fortin, C. (2008). L'enseignement de l'évolution au lycée, entre description et explication. Dans M. Coquidé et S. Tirard (dir.), *L'évolution du vivant : Un enseignement à risque?* (p. 15-34). Paris : Vuilbert, ADAPT-SNES.
- Fourez, G. (2003). *Apprivoiser l'épistémologie*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Galtier, V. (2005). Comment mesurer l'apprentissage de groupe? Construction d'une échelle de mesure bi-dimensionnelle. *Centre de recherche DMSP DRM*, 348, 1-21.
- Giordan, A. et de Vecchi, G. (2010). *Aux origines du savoir. La méthode pour apprendre*. Paris : Les éditions Ovidia.
- Godin, B. (1999). *Les usages sociaux de la culture scientifique*. Québec : Presses de l'Université Laval.
- Gollust, S. E., Thompson, R. E., Gooding, H. C. et Biesecker, B. B. (2003). Living with achondroplasia: attitudes toward population screening and correlation with quality of life. *Prenatal Diagnostic*, 23(12), 1003-1008.
- Gouvernement du Canada (2012). *Emploi-Avenir Québec*. Récupéré de [http://www.servicecanada.gc.ca/fra/qc/emploi\\_avenir/statistiques/4142.shtml](http://www.servicecanada.gc.ca/fra/qc/emploi_avenir/statistiques/4142.shtml)
- Goyette, G. et Lessard-Hébert, M. (1987). *La recherche-action : ses fonctions, ses fondements et son instrumentalisation*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Gregory, R. et Ellis, C. (2009). Conceptions of evolution among science graduate students. *Education*, 59, 792-799.

- Griffiths A. J. F., Wessler, S. R., Lewontin, R. C., Gelbart, W. M., Suzuki, D. T. et Miller, J. H. (2006). *Introduction à l'analyse génétique*. De Boeck & Larcier s.a.
- Henderson, B. et Maguire, B. (2000). Three lay mental models of disease inheritance. *Social Science and Medicine*, 50, 293-301.
- Hofer, B. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 378-405.
- Hofer, B. (2001). Personal Epistemology Research: Implications for Learning and Teaching. *Journal of Educational Psychology Review*, 13(4), 353-383.
- Hofer, B. (2004). Introduction: Paradigmatic approaches to personal epistemology. *Educational psychologist*, 39(1), 1-3.
- Hofer, B. (2006). Beliefs about knowledge and knowing: integrating domain specificity and domain generality: A response to Muis, Bendixen and Haerle. *Educational psychology review*, 18(1), 67-76.
- Hokayem, H. et BouJaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 395-419.
- Hrairi, S. et Coquidé, M. (2002). Attitudes d'élèves tunisiens par rapport à l'évolution biologique. *Aster*, 35, 149-164.
- Jallinoja, P. et Aro, A. R. (2000). Does knowledge make a difference? The association between knowledge about genes and attitudes toward gene tests. *Journal of Health Communication*, 5, 29-39.
- Janson, J. (1981). *La connaissance*. Montréal : Fides.
- Jégou-Mairone, C. (2009). *L'enseignement de l'évolution des espèces vivantes à l'école primaire française. Rapport au savoir d'enseignants et d'élèves de cycle 3*. Thèse de doctorat inédite, Université d'Aix Marseille I, Université de Provence.
- Jonnaert, P. et Vander Borgh, C. (1999). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Jonnaert, P., Masciotra, D. et Von Glasersfeld, E. (2004). *Constructivisme : choix contemporains : hommage à Ernst von Glasersfeld*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

- Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23(3), 187-200.
- Kaprio, J., Pulkkinen, L. et Rose, R. (2002). Genetic and Environmental Factors in Health-related Behaviors: Studies on Finnish Twins and Twin Families. *Twins Research*, 5, 366-371.
- Kelemen, D. (1999). The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition*, 70, 241-272.
- King, P. et Kitchener, K. (1994). Developing reflective judgment: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults. San Francisco : Jossey-Bass.
- Klop, T. et Severiens, S. (2007). An exploration of attitudes towards modern biotechnology: A study among dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, 29(5), 663-679.
- Kochkar, M. (2007). *Les déterminismes biologiques. Analyse des conceptions et des changements conceptuels consécutifs à un enseignement sur l'épigénèse cérébrale chez des enseignants et des apprenants tunisiens*. Thèse de doctorat inédite, Université Lyon 1 et ISEFC, Université de Tunis.
- Kuhn, T. S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Larochelle, M. et Désautels, J. (2003). Descriptions estudiantines de la nature et la fabrication des savoirs scientifiques. Dans L. Lafortune, C. Deaudelin, P.-A. Doudin et D. Martin (dir.), *Conceptions, croyances et représentations en math, sciences et technos* (p. 149-169). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Lavergne, M.-H. (2002). *Biodiversité et situations problèmes complexes : jugement réflexif d'adolescents : validation du modèle de King et Kitchener*. Mémoire de maîtrise inédit, Université du Québec à Trois-Rivières.
- Le Bas, A. (2005). Didactique professionnelle et formation des enseignants. *Recherche et Formation*, 48, 47-60.

- Lebrun, J. et Lenoir, Y. (2001). Planification en sciences humaines chez de futures enseignantes et les modèles d'intervention éducative sous-jacents. *Revue des sciences de l'éducation*, 27(3), 569-594.
- Lecourt, D. (2006). *La philosophie des sciences*. Paris : Presses universitaires de France.
- Legault, F. (2009, août). *La recherche quantitative*. Communication présentée au séminaire d'orientation du doctorat réseau en éducation de l'Université du Québec, UQAM, Montréal.
- Legendre, R. (2005). *Le dictionnaire actuel de l'éducation* (3<sup>e</sup> éd.). Montréal : Guérin.
- Le Moigne, J. L. (1995). *Les épistémologies constructivistes*. Paris : Presses universitaires de France.
- Leslie, G. et Schibeci, R. (2006). Encouraging the teaching of biotechnology in secondary schools. *The American Biology Teacher*, p. 98-103. Récupéré de <https://www.nabt.org/websites/institution/File/pdfs/publications/abt/2006/068-07-0017.pdf>
- Levy, R. (1994). Conception et doute : une vision paradigmatique des méthodes qualitatives. *Ruptures*, 1, 92-100.
- Lindahl, M. (2008). Ethics or moral: Understanding students' values related to genetic tests on humans. *Science and Education*, 18(10), 1285-1311.
- Loison, L. (2008). *Les notions de plasticité et d'hérédité chez les néolamarckiens français (1879-1946), Éléments pour une histoire du transformisme en France*. Thèse de doctorat inédite, Université de Nantes, France.
- Loison, L. (2009, mars). *Penser le vivant et son évolution hors du lamarckisme : se détourner des conceptions premières*. Actes du séminaire INRP, 18 mars, Université Claude Bernard, Lyon.
- Martinand, J.-L. (1986) *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Mayer, R. et Ouellet, P. (1991). L'entrevue. Dans R. Mayer et P. Ouellet (dir.), *Méthodologie de recherche pour les intervenants sociaux* (p. 305-340). Québec : Gaëtan Morin Éditeur ltée.

- Means, M. L. et Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability and knowledge levels. *Cognition and Instruction, 14*, 139-178.
- Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ). (2001). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire et enseignement primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ). (2004). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, premier cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2006). *Programme de formation de l'école québécoise du préscolaire et primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2007). *Programme de formation de l'école québécoise. Version approuvée. Enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2009). *Progression des apprentissages au primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2010). *Progression des apprentissages au primaire; Éthique et culture religieuse*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2011). *Progression des apprentissages au secondaire*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN). (2008). *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire*. Bulletin officiel du ministère de l'Éducation nationale et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 3, 1-40.
- Mignon, J. et Closset, J.-L. (2004). Recherches en didactique de la biologie consacrée à l'évolution biologique. *Probio-Revue, 4*, 217-231.
- Miller, J. D., Scott, E.C. et Okamoto, S. (2006). Public acceptance of evolution. *Science, 313*, 765-766.
- Monchamp, A. (1997). Quand les obstacles ouvrent des perspectives pédagogiques : Récit d'un itinéraire personnel. *Aster, 25*, 59-91.

- Morange, M. (2005). Quelle place pour l'épigénétique? *Médecine sciences*, 21(4), 367-369.
- Munoz, F. et Clément, P. (2007, août). *Des méthodes statistiques originales pour analyser les conceptions d'enseignants de plusieurs pays à partir d'un questionnaire sur des questions vives*. Congrès international AREF, Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation, 28-31 août, Strasbourg.
- Munoz, F., Quessada, M.P. et Clément, P. (2007, octobre). *Des analyses multivariées pour traiter les données issues de questionnaires : Conceptions d'enseignants et futurs enseignants de douze pays sur l'Évolution*. Actes des 5<sup>es</sup> rencontres de l'ARDIST (p. 301-304), 17-19 octobre, La Grande Motte, France.
- National Science Board (NSB). (2004). Science and technology : Public attitudes and understanding. *Science and engineering indicators, 1*, 1-32). Arlington, VA: National Science Foundation. Récupéré de <http://www.nsf.gov/statistics/seind04/pdf/volume1.pdf>
- Olafson, L. et Schraw, G. (2006). Teaching' beliefs and practices within and across domains. *International Journal of Educational Research*, 45, 71-84.
- Ouellet, A. (1978). Analyse du concept attitude : du concept théorique au concept opératoire. *Revue des sciences de l'éducation*, 3, 365-374.
- Ouellet, G. (1989). *Méthodes quantitatives en sciences humaines*. Québec : Le Griffon d'argile.
- Ouellette, R. (2001, mai). *Prévisions de l'effectif enseignant au Québec et des besoins de recrutement*. Colloque du Programme pancanadien de recherche en éducation 2001; Formation du personnel enseignant, des éducatrices et éducateurs; Tendances actuelles et orientations futures, 22-23 mai, Université Laval, Québec.
- Ozden, M., Usak, M., Prokop, P., Türkoglu, A. et Bahar, M. (2008). Student teachers' knowledge of and attitudes toward chemical hormone usage in biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 7(21), 3892-3899.
- Pardo, R., Midden, C. et Miller, J. (2002). Attitudes toward biotechnology in the European Union. *Journal of biotechnology*, 98, 9-24.
- Pardo, R., Englehard, M., Hagen, K., Jorgensen, R., Rehbonder, E., Schnieke, A., Szmulewicz, M. et Thiele, F. (2009). The role of means and goals in technology acceptance. *EMBO Reports*, 10(10), 1069-1075.

- Parlement et Conseil de l'union européenne (1994). *Journal officiel*, 101, 0065.
- Pelletier, A. (2007). *L'effet modérateur de la cristallisation des attitudes sur la relation entre attitude, l'intention et les comportements relatifs à l'insertion professionnelle*. Mémoire de maîtrise inédit, Université Laval, Québec.
- Perbal, L., Susanne, C. et Slachmuylder, J. L. (2006). Évaluation de l'opinion des étudiants de l'enseignement secondaire et supérieur de Bruxelles vis-à-vis des concepts d'évolution (humaine). *Antropo*, 12, 1-26.
- Peterfalvi, B. (1997). Enseignants et élèves face aux obstacles. *Aster*, 25, 3-5.
- Pichot, A. (1991). *La naissance de la science. TOME 1. Mésopotamie, Égypte*. Paris : Éditions Gallimard.
- Pichot, A. (1993). *Histoire de la notion de vie*. Paris : Éditions Gallimard.
- Primrose, S., Twyman, R. et Old, R. (2004). *Principes de génie génétique*. Bruxelles : De Boeck.
- Quessada, M.-P., Munoz, F. et Clément, P. (2007, août). *Les conceptions sur l'évolution biologique d'enseignants du primaire et du secondaire de douze pays (Afrique, Europe et Moyen Orient) varient selon leur niveau d'étude*. Congrès international AREF, Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation, 28-31 août, Strasbourg.
- Raïche, G., Langevin, L., Riopel, M. et Maufette, Y. (2006). Étude exploratoire de la dimensionnalité et des facteurs expliqués par une traduction française de l'inventaire des approches d'enseignement de Trigwell et Prosser dans trois universités québécoises. *Mesure et évaluation en éducation*, 27(2), 41-61.
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I. et Lahanier-Reuter, D. (2010). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Riopel, M. (2005). *Épistémologie et enseignement des sciences. Les classiques des sciences sociales*, Chicoutimi. Récupéré de [http://classiques.uqac.ca/contemporains/riopel\\_martin/epistemologie\\_ens\\_sciences/epistemologie.html](http://classiques.uqac.ca/contemporains/riopel_martin/epistemologie_ens_sciences/epistemologie.html)
- Roussel, P. (2005). Méthode de développement d'échelles pour questionnaire d'enquête. Dans P. Roussel et F. Wacheux (dir.), *Management des ressources*

- humaines; Méthodes de recherche en sciences humaines et sociales* (p. 245-277). Bruxelles : De Boeck.
- Ruel, F., Désautels, J. et Larochelle, M. (1997). Enseigner et apprendre les sciences : représentations sociales de futurs enseignants et enseignantes. *Didaskalia*, 10, 51-73.
- Rumelhard, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster*, 24, 13-35.
- Rumelhard, G. (2005). Problématisation et concept de paradigme. Approche épistémologique, psychologique, sociologique. *Aster*, 40, 205-223.
- Ryu, Y. S. et Smith-Jackson, T. (2006). Reliability and validity of the mobile phone; Usability questionnaire (MPUQ). *Journal of Usability Studies*, 2, 39-53.
- Saporta, G. (2006). *Probabilité, analyse des données et statistiques*. Paris : Technip.
- Schmid, A.-F. (1998). *L'âge de l'épistémologie. Science, ingénierie, éthique*. Paris : Éditions KIMÉ.
- Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. *Psychological Assessment*, 8(4), 350-353.
- Schommer-Aikins, M., Duell, O. K. et Barker, S. (2003). Epistemological beliefs across domains using biglan's classification of academic disciplines. *Research in Higher Education*, 44(3), 347-366.
- Schwarz, N. (2008). Attitude measurement. Dans W. Crano et R. Prislin (dir.), *Attitudes and attitude change* (p. 41-60). Philadelphia : Psychology Press.
- Scuffham, T. M., McInerney-Leo, A., Ng, S. et Mellick, G. (2014). Knowledge and attitudes towards genetic testing in those affected with Parkinson's disease. *Journal Community Genetic*, 5, 167-177.
- Séralini, G.-E. (2003). *Génétiqument incorrect*. Paris : Flammarion.
- Siegrist, M. (2000). The influence of trust and perceptions of risks and benefits on the acceptance of gene technology. *Risk Analysis*, 20(2), 195-203.
- Simard, C., Harvey, L. et Samson, G. (2014, accepté). Regard multidimensionnel des conceptions du vivant; situation en contexte québécois. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, IEF-ENS-Lyon.

- Simard, C., Harvey, L. et Samson, G. (2013). Épistémologie spécifique à la biologie : rapports aux savoirs disciplinaires et perspective d'obstacles à la compréhension du vivant. *Esprit Critique. Revue internationale de sociologie et de sciences sociales*, 17, 110-122.
- Simonneaux, L. et Simonneaux, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, 27, 79-108.
- Sjöberg, L. (2004). Principles of risk perception applied to gene technology. *EMBO Reports*, 5, S47-S51.
- Southerland, S., Sinatra, G. et Matthews, M. (2001). Belief, knowledge, and science education. *Educational psychology review*, 13, 325-351.
- Sturgis, P., Cooper, H. et Fine-Schaw, C. (2005). Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed. *New Genetics and Society*, 24(1), 31-56.
- Therriault, G. (2008). *Postures épistémologiques que développent des étudiants des profils sciences et technologies et univers social au cours de leur formation initiale à l'enseignement secondaire : une analyse de leurs conceptions et de leurs rapports aux savoirs*. Thèse de doctorat inédite, Université du Québec à Rimouski, Université du Québec à Montréal.
- Therriault, G., Harvey, L. et Jonnaert, P. (2010). Conceptions épistémologiques de futurs enseignants du secondaire des profils sciences et technologies et univers social : des différences entre les profils et une évolution au cours de la formation initiale. *Mesure et évaluation en éducation*, 33(1), 1-30.
- Therriault, G., Harvey, L. (2014). Epistemological beliefs and their relationship to the knowledge of preservice secondary school teachers. *Prospects*, 43, 441-459.
- Thiberghien, G. et Abdi, H. (2002). *Le dictionnaire des sciences cognitives*. Paris : Armand Colin.
- Thouin, M. (1998). Que peuvent nous apprendre les conceptions en sciences de la nature? *Québec français*, 110, 48-50.
- Thouin, M. (2009). *Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire* (2<sup>e</sup> éd.). Québec : Éditions MultiMondes.
- Trésor de la Langue Française informatisé (Le) (TLFi). Récupéré de <http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>

- Van Aalderen-Smeets, S., Walma Van der Molen, J. et Asma, L. (2012). Primary teachers' attitudes towards teaching science: A new theoretical framework. *Science Education*, 96(1), 158-182.
- Van der Maren, J. (2007). *La recherche appliquée en pédagogie : des modèles pour l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck.
- Venville, G., Gribble, S. et Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89(4), 614-633.
- Vinatier, I. et Altet, M. (2008). Introduction : Les analyses de la pratique et de l'activité de l'enseignant. Dans I. Vinatier et M. Altet (dir.), *Analyser et comprendre la pratique enseignante* (p. 9-22). France : Presses universitaires de Rennes.
- Von Glasersfeld, E. (1991). *Notes constructivistes sur l'éducation*. Communication présentée dans un séminaire sur la représentation du CIRADE, Université du Québec à Montréal.
- Wang, W., Vinocur, B. et Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- Wu, M., Adams, R., Wilson, M. et Haldane, S. (2007). *ACERConQuest : Generalised item response modelling software*. Australie : ACER Press.