



Les acquis disciplinaires attendus des diplômés des programmes de sciences

Jacques Belleau

Consultant expert en pédagogie et innovation

Centre collégial des services regroupés

Mars 2017

Comité responsable du projet au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur

Raymond Boulanger

Directeur par intérim, Direction de l'enseignement collégial public et privé

Marie-Christine Morency

Responsable de programmes d'études, Direction de l'enseignement collégial public et privé

Nathalie Canuel

Conseillère en développement de programmes d'études, Direction de l'enseignement collégial public et privé

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont participé à la présente recherche. En tout premier lieu, il importe de souligner la contribution des responsables des programmes universitaires qui ont accepté de prendre part à des entrevues de groupes et ont ainsi permis de réunir la matière première essentielle à la production de ce document. Leur coopération me fut précieuse.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à tous les membres de l'équipe de la Direction de l'enseignement collégial public et privé du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Le climat de confiance qui régnait entre nous et l'esprit de collaboration dont chacun a fait preuve ont facilité la réalisation de ce projet.

Jacques Belleau

Consultant expert en pédagogie et innovation

Centre collégial des services regroupés

Table des matières

Présentation	4
Première partie : Le contexte et la méthodologie	5
Le contexte	5
La méthodologie	5
Les questions de recherche	6
Deuxième partie : Les acquis disciplinaires attendus des diplômés des programmes de sciences	8
L'orientation générale	8
Les acquis disciplinaires	8
Conclusion	19
Un changement du paradigme pédagogique attendu	19
Annexe 1 : Le profil produit par Éduconseil	21
Annexe 2 : Le profil condensé de la diplômée et du diplômé du programme d'études préuniversitaires Sciences de la nature	24
Annexe 3 : Compléments	25
BIBLIOGRAPHIE	31

PRÉSENTATION

Ce rapport présente les résultats d'une recherche visant à déterminer les acquis disciplinaires attendus des diplômés des programmes d'études préuniversitaires en sciences à leur entrée à l'université. Il comprend deux parties, que des annexes complètent.

La première partie est consacrée à la présentation du contexte, soit les objectifs poursuivis et les résultats souhaités de même que le cadre conceptuel sur lequel se fonde la recherche. Vient ensuite une présentation de la méthodologie de la recherche, où il est question notamment des moyens retenus pour collecter les données.

La deuxième partie expose les résultats de la recherche, qui parachèvent les travaux réalisés par Éduconseil¹, l'enquête complémentaire² menée par la Direction de l'enseignement collégial public et privé (DECPP) et le profil condensé produit par le groupe de travail ayant réalisé l'analyse comparative avec le programme *Sciences de la nature* (200.B0) à l'automne 2015³.

Enfin, le rapport comprend trois annexes :

- Le profil produit par Éduconseil;
- Le profil condensé;
- Un complément d'information, provenant d'organismes disciplinaires professionnels, sur la formation collégiale en sciences.

¹ ÉDUONSEIL (2014). *Le profil attendu par les universités de la part des élèves diplômés des programmes d'études préuniversitaires en sciences : résultat d'une étude*, 51, 90 p.

² QUEBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE (2015). *Précisions sur les savoirs disciplinaires requis par les universités dans les programmes d'études préuniversitaires en sciences*, Québec, Le Ministère, Direction de l'enseignement collégial, 68 p.

³ QUEBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR (2016). *Analyse comparative du programme d'études Sciences de la nature (200.B0) et des compétences attendues au seuil d'entrée à l'université*, Québec, Le Ministère, Direction de l'enseignement collégial, 60 p.

PREMIÈRE PARTIE : LE CONTEXTE ET LA MÉTHODOLOGIE

Le contexte

La présente recherche a été produite dans le cadre de la révision des programmes d'études préuniversitaires de sciences, à la demande de la Direction de l'enseignement collégial public et privé (DECPP) du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MEES).

Une première version du profil attendu des diplômés des programmes d'études préuniversitaires de sciences a été produite par Éduconseil en mars 2014 (voir annexe 1). Le Ministère a mené l'enquête complémentaire en 2014-2015 pour combler le manque de précisions relatives aux savoirs disciplinaires dans cette version du profil (2014). L'analyse comparative entre le profil attendu et le programme d'études 200.B0 a par la suite été confiée à un groupe de travail formé d'enseignants du collégial et de professionnels de la DECPP. L'analyse a permis d'en arriver au profil condensé (voir annexe 2).

Les travaux de réflexion du groupe de travail ont aussi mis en évidence qu'était nécessaire une information plus élaborée, particulièrement au regard des différents savoirs disciplinaires. C'est dans ce contexte qu'un mandat a été spécifiquement conçu pour préciser les acquis disciplinaires que les universités attendent des diplômés.

La méthodologie

Pour effectuer cette recherche, puisqu'il s'agissait non pas de produire de nouveaux résultats, mais de compléter le profil déjà produit, nous avons opté pour des entrevues de groupe.

Une série de rencontres ont donc eu lieu d'octobre à décembre 2016 avec des professeurs de différents domaines scientifiques au sein d'universités québécoises. Le tableau suivant précise le nombre de participants qui ont pris part aux rencontres.

Tableau 1 : Nombre de participants aux rencontres selon l'université d'appartenance et les domaines disciplinaires

	Sciences de la santé		Génie		Sciences pures et appliquées		Total	
	N ^{bre}	%	N ^{bre}	%	N ^{bre}	%	N ^{bre}	%
Univ. Laval	10	27,8	12	33,3	14	38,9	36	100
Univ. McGill	6	35,2	3	17,6	8	47,1	17	100
Univ. de Sherbrooke	5	33,3	2	13,3	8	53,3	15	100
Univ. de Montréal	4	40,0	1	10,0	5	50,0	10	100
UQTR	4	50,0	2	25,0	2	25,0	8	100
UQAM	0	0	2	28,6	5	71,4	7	100
UQAC	1	33,3	0	0	2	66,6	3	100
UQAR	0	0	0	0	3	100,0	3	100
Univ. Concordia	0	0	0	0	2	100,0	2	100
UQAT	0	0	0	0	0	0	0	0
UQO	0	0	0	0	0	0	0	0
Univ. Bishop's	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30	29,7	22	21,8	49	48,5	101	100

Les participants étaient, pour la plupart, des responsables de programmes, plusieurs impliqués d'ailleurs dans plus d'un programme. Les répondants ont été désignés par leur université respective pour leur connaissance des acquis scolaires qui permettent à l'étudiant de s'intégrer au programme universitaire et de réussir sa première session d'études.

La durée des rencontres se situait entre deux et trois heures. Le consultant menait les entrevues en compagnie de l'équipe de la DECPP, chargée par ailleurs de l'organisation matérielle des rencontres.

Les questions de recherche à la base des entrevues étaient toujours identiques. La priorité allait d'abord à la formation disciplinaire, mais des considérations sur des éléments transdisciplinaires étaient aussi permises, lorsqu'elles avaient un lien avec l'aspect disciplinaire. Le niveau attendu des acquis et l'équilibre de la future formation collégiale en sciences ont aussi fait partie des discussions.

Les questions de recherche

Les savoirs disciplinaires

Pour aiguiller adéquatement la rédaction du programme *Sciences de la nature* et les travaux devant se poursuivre dans les programmes *Sciences informatiques et mathématiques* et *Sciences, lettres et arts*, le Ministère souhaite revoir les représentants universitaires pour définir avec plus de précision les savoirs disciplinaires :

- Quels sont les savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres aux disciplines cibles (chimie, physique, biologie, mathématique et informatique) que devraient avoir acquis TOUS les diplômés des programmes d'études préuniversitaires de sciences, de l'avis des représentants universitaires en sciences?
- Quels sont les savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres aux disciplines cibles (chimie, physique, biologie, mathématique et informatique) qui pourraient être ACCESSOIRES et que devraient avoir acquis certains diplômés pour s'intégrer dans certains programmes universitaires?

La place et la définition des sciences humaines et sociales présentes dans le profil

Le profil attendu (2014) définit des savoirs scientifiques qui sont propres aux sciences humaines et sociales et qui devraient être prévus dans les programmes de sciences. La compréhension de ce que signifient ces savoirs est essentielle pour le réseau collégial. Il serait donc opportun de proposer une définition claire de ce à quoi s'attendent les universités à cet effet et de préciser la place nécessaire à l'apprentissage de ces savoirs dans les programmes :

- Y a-t-il des savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres aux disciplines des sciences humaines et sociales que devraient avoir acquis TOUS les diplômés des programmes préuniversitaires de sciences, de l'avis des représentants universitaires en sciences?
- Y a-t-il des savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres aux disciplines des sciences humaines et sociales qui pourraient être ACCESSOIRES et que devraient avoir acquis certains diplômés pour s'intégrer dans certains programmes universitaires?

La place de la géologie dans le programme

La géologie est une discipline actuellement présente dans le programme *Sciences de la nature*. Dans certains collèges, les étudiants peuvent suivre un ou deux cours au choix dans cette discipline, mais la plupart des collèges n'en offrent aucun :

- Y a-t-il des savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres à la géologie que devraient avoir acquis TOUS les diplômés des programmes préuniversitaires de sciences, de l'avis des représentants universitaires en sciences?
- Y a-t-il des savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres à la géologie qui pourraient être ACCESSOIRES et que devraient avoir acquis certains diplômés pour s'intégrer dans certains programmes universitaires?

L'équilibre entre savoirs disciplinaires et savoirs transdisciplinaires

Le profil attendu (2014), en intégrant plusieurs savoirs transdisciplinaires dans la formation spécifique, suppose un changement qui mène l'enseignement par contenus vers une formation à la fois disciplinaire et transdisciplinaire.

Selon le profil condensé, beaucoup de savoirs transdisciplinaires pourraient être intégrés au futur programme, ce qui aurait possiblement pour conséquence de diminuer les enseignements disciplinaires scientifiques :

- Comment les universités perçoivent-elles cet alignement disciplinaire et transdisciplinaire?

La formation préuniversitaire en sciences, parce qu'elle prépare à des études universitaires dans un programme spécifique, doit consister en une formation scientifique de base précédant une spécialisation que procureront des études universitaires dans un champ disciplinaire spécifique :

- Quel niveau d'apprentissage et d'approfondissement (introduction, approfondissement, etc.) les programmes préuniversitaires devraient-ils établir pour permettre aux étudiants de réussir leurs études universitaires?

Présentement, les programmes de sciences imposent plusieurs prescriptions. En plus du contenu, il y est précisé des critères de pondération et les disciplines associées à leur enseignement. Ces prescriptions sont perçues dans le réseau collégial comme un gage d'uniformité de la formation en sciences qui permet de s'assurer que les étudiants possèdent des caractéristiques et des acquis scolaires « identiques ». Pour les représentants des collèges, cette « uniformité » représente une force du programme, qui concourt à l'équivalence des enseignements et des préalables universitaires, voire de la formation offerte dans les différents établissements :

- Selon les universités, les compétences actuelles des diplômés en sciences sont-elles homogènes ou hétérogènes?

La place et la définition de l'intégration des TIC dans la formation

Le profil attendu (2014) fait une place importante à l'intégration des TIC (technologies de l'information et de la communication) dans la formation. Nous avons souhaité connaître les attentes quant aux compétences informatiques, de même que la nécessité de savoir utiliser, au collégial, des applications ou des logiciels spécialisés propres aux disciplines scientifiques.

DEUXIÈME PARTIE : LES ACQUIS DISCIPLINAIRES ATTENDUS DES DIPLÔMÉS DES PROGRAMMES DE SCIENCES

L'orientation générale

Les représentants des universités ayant collaboré à cette recherche ont, par leurs observations, mis en évidence **le caractère général des acquis disciplinaires** de la formation collégiale en sciences. Dans ce contexte, il ne faut pas se surprendre du fait que la pluralité des domaines du savoir associés aux sciences, au même titre que l'étendue des connaissances propres à chaque domaine, invite à **une approche qui initie plus qu'elle ne spécialise, tout en fournissant une solide base de connaissances scientifiques**. Les universités considèrent que les acquis disciplinaires sont fondamentaux. Ainsi, la formation scientifique collégiale en sciences vise à assurer des bases disciplinaires solides, permettant aux personnes de poursuivre leur formation à l'université.

Il est donc question d'acquérir **un fond culturel commun de nature scientifique**. Cette idée témoigne aussi de l'arrimage des formations collégiales et universitaires. À plusieurs reprises, lors des entrevues, il a été fait mention de **la nature « orientante⁴ » de la formation collégiale**. Cette idée se réfère en particulier à l'acquisition de notions dans différents domaines scientifiques, où l'étudiant se voit présenter un panorama des disciplines et des professions associées à ces notions.

Les universités ont dit souhaiter **une actualisation de la formation en sciences** qui touche à la fois les contenus disciplinaires et la manière dont ces contenus sont enseignés par l'enseignant et intégrés par l'étudiant.

Les acquis disciplinaires

Les observations relatives aux différentes disciplines scientifiques ont mis en évidence la satisfaction des universités quant aux différents savoirs proposés dans les cours de sciences au collégial tout en révélant que ces savoirs sont hétérogènes et non intégrés.

Le programme *Sciences de la nature* étant le seul de l'ordre collégial à comporter autant de prescriptions, on se serait attendu à ce que les universités soulignent l'homogénéité de la formation. Or, lors des entrevues, c'est le contraire qui a été noté. **Les acquis des étudiants admis à l'université varient considérablement**. Ils sont nombreux, trop selon plusieurs. Ils ne sont pas maîtrisés ou intégrés, ce qui inhibe la capacité des étudiants à les réinvestir dans leurs études universitaires et fait en sorte que les programmes universitaires doivent inclure des notions censées avoir été acquises au préalable.

En vue de niveler les acquis, les universités proposent des activités préparatoires aux nouveaux admis dans les programmes. Non obligatoires et précédant généralement la première session, ces cours favorisent la mise à niveau.

⁴ Sur l'approche orientante, voir : PELLETIER, Denis (2004). *L'approche orientante : la clé de la réussite scolaire et professionnelle, tome 1 : L'aventure*, Québec, Septembre éditeur, 304 p.

Il est intéressant de noter que les participants aux différentes entrevues de groupe ont eu le souci de se projeter vers l'avenir, en tenant compte de l'évolution de la science et des réalités scientifiques, en vue d'une plus grande pertinence des attentes. Globalement, leurs propositions visent un rééquilibrage de la formation.

Les participants ont par ailleurs souhaité **une formation scientifique moins détaillée et moins morcelée, mais plus orientée vers la maîtrise des acquis**. Les différents savoirs scientifiques disciplinaires attendus des universités sont des connaissances de base en sciences et, en ce sens, il ne sert à rien de les spécialiser dans le cadre de la formation collégiale.

Les universités ont souhaité que les cours de niveau collégial en sciences amènent les étudiants à mettre concrètement en application les différents savoirs et à mieux réinvestir les acquis dans des situations nouvelles complexes. En mettant l'accent sur cette perspective de travail, les participants manifestaient leur désir de voir les étudiants intégrer les savoirs acquis.

À noter que les universités ont mis en évidence une distinction entre les acquis spécifiques des sciences de la santé, du génie ou des sciences pures et appliquées. Ainsi, des connaissances en biologie humaine pourraient être requises pour des formations en génie, tout comme certaines notions de mathématique ou de physique seraient utiles dans certains programmes en sciences de la santé.

Les énoncés qui suivent constituent la synthèse de ce qui a été exprimé lors des différentes rencontres. Les précisions, qu'on retrouve sous chaque énoncé, sont indicatives de la nature de certains savoirs attendus par les universités.

La biologie

La biologie est décrite comme une discipline dont les connaissances évoluent considérablement. Cette évolution des savoirs invite à revoir à la hausse la place accordée aux notions de biologie. Les connaissances souhaitées, tout en demeurant générales, ont trait aux concepts de base et à la compréhension des systèmes. Les universités priorisent des savoirs moins superficiels et moins nombreux, mais applicables et mieux intégrés.

Un changement de paradigme pédagogique est souhaité en vue d'intégrer les savoirs, de relier la biologie aux autres disciplines et de développer des clés d'apprentissage en biologie. Les savoirs trop détaillés sont perçus par les universités comme moins pertinents pour les diplômés et difficilement mobilisables par ceux-ci.

Ainsi, des attentes précises en biologie ont été manifestées par les universités.

Le premier énoncé fait partie de la formation attendue des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent. La biologie est perçue comme un élément de culture générale et une discipline essentielle dans la formation préalable d'un futur scientifique.

Distinguer les interactions des organismes vivants avec leur milieu en se référant aux concepts et aux théories explicatives des mécanismes et des fonctions des systèmes biologiques. Par exemple :

- Écologie et écosystèmes
- Notions de risques biologiques
- Développement durable, environnement et pollution
- Adaptation et intégration du vivant dans son milieu
- Enjeux : sciences et société
- Cycles biogéochimiques

Le second énoncé fait partie de la formation attendue des diplômés à leur arrivée dans les programmes des sciences de la santé, de même que dans certains programmes du génie et des sciences pures et appliquées.

Appliquer des concepts et des théories à l'étude des mécanismes, des fonctions et de l'interaction des systèmes biologiques chez l'être l'humain. Par exemple :

- Bases de la biologie et de la diversité du vivant
- Anatomie et physiologie : systèmes, liens et intégration de l'ensemble des systèmes
- Évolution, génétique, hérédité, mutation, ADN, génomique
- Fonctionnement du métabolisme, métabolismes énergétiques, échanges
- Liens anatomie-physiologie, dérèglements
- Cellule : bases, vocabulaire essentiel, homéostasie, régulation

La chimie

La chimie est jugée essentielle, mais le niveau des besoins varie d'un secteur de formation à un autre, voire d'un programme à un autre. Il est attendu toutefois un niveau de connaissances de base propre à une culture scientifique générale.

À la lecture des objectifs ministériels, on constate que la chimie générale emprunte certains savoirs aux enseignements de chimie de la cinquième secondaire. D'ailleurs, moins de temps passé à réviser ces concepts permettrait éventuellement d'intégrer de nouveaux savoirs. Il est constaté que les notions actuellement enseignées en chimie des solutions conviennent aux programmes universitaires. L'utilisation d'un même vocabulaire entre ordres collégial et universitaire soutiendrait cependant mieux les apprentissages.

Par ailleurs, une base en chimie organique est attendue des étudiants admis à l'université. Le niveau des acquis préalables en chimie organique est jugé très inégal par les représentants universitaires. L'ajout de notions en chimie des matériaux est souhaité par certains.

Ainsi, des attentes précises en chimie ont été manifestées par les universités.

Les deux premiers énoncés font partie de la formation attendue des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent.

Acquérir les bases théoriques, conceptuelles et méthodologiques afin de comprendre la nature, les propriétés chimiques et la structure de la matière inorganique. Par exemple :

- Atome, électrons et liaisons moléculaires
- Nomenclature des éléments, tableau périodique
- Nomenclature des composés
- Propriétés, structure et état de la matière inorganique
- Lois de la stœchiométrie

Acquérir les bases théoriques, conceptuelles et méthodologiques afin de comprendre la nature, les propriétés chimiques et la structure de la matière organique. Par exemple :

- Nomenclature des éléments
- Propriétés, structure et état de la matière organique
- Isomérisation et réactifs
- Fonctions et mécanismes de réactions

Le dernier énoncé fait partie de la formation attendue des diplômés à leur arrivée dans certains programmes universitaires de sciences.

Appliquer différents éléments de connaissance à la compréhension de la nature, des propriétés chimiques et de la structure de la matière organique ou inorganique.

La physique

Les notions acquises en physique sont jugées pertinentes et s'inscrivent dans la culture scientifique de base attendue des étudiants admis à l'université. Elles contribuent au développement de l'aptitude à la résolution de problème et de la capacité d'abstraction, essentielles en sciences. Les universités estiment cependant qu'elles sont trop détaillées et peu intégrées. La compréhension, la conceptualisation et l'application des principales notions et concepts fondamentaux favorisent le réinvestissement des acquis et l'établissement de liens entre les disciplines. Dans un souci d'arrimage secondaire-collégial, l'apprentissage technologique devrait occuper une place dans les savoirs de niveau collégial de manière à nourrir la réflexion pédagogique.

Ainsi, des attentes précises en physique ont été manifestées par les universités.

Les deux premiers énoncés font partie de la formation attendue des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent.

Utiliser les principes, les lois et les théories de la physique pour expliquer le fonctionnement d'objets du quotidien, notamment en ce qui a trait aux aspects fondamentaux de la mécanique. Par exemple :

- Lois de Newton
- Cinématique du mouvement
- Force
- Énergie
- Concepts et lois de la dynamique

Utiliser les principes, les lois et les théories de la physique pour expliquer le fonctionnement d'objets du quotidien, notamment en ce qui a trait aux aspects fondamentaux de l'électricité, du magnétisme, des ondes, de l'optique et de la physique moderne. Par exemple :

- Énergie
- Électricité : lois
- Magnétisme : lois
- Électrostatique
- Électrocinétique
- Lois de l'optique
- Ondes : longueur d'onde dans la lumière, effet de serre, absorption, émission, transmission
- Vibrations

Le dernier énoncé fait partie des attentes spécifiques de certains programmes universitaires de sciences.

Appliquer des éléments de connaissances de divers domaines (mécanique, électricité, magnétisme, ondes, optique, physique moderne) à la description du fonctionnement de systèmes technologiques complexes sous différents aspects.

La mathématique

Les matières abordées dans les différents cours de mathématique du collégial s'inscrivent dans la culture scientifique de base attendue des diplômés et sont jugées pertinentes, quel que soit le programme universitaire, mais à divers niveaux. Les acquis sont multiples, mais non intégrés. Les étudiants admis à l'université ont de la difficulté à résoudre une situation-problème. Le développement de la capacité à raisonner, de la logique et de la méthode de résolution de problème devrait être priorisé, plutôt que l'acquisition d'un grand nombre de techniques à appliquer. Lire et écrire correctement en mathématique est aussi un savoir essentiel attendu.

D'autre part, plusieurs personnes ont mis en évidence les difficultés observées dans des opérations mathématiques simples, telles que l'algèbre et la trigonométrie. Ces difficultés se répercutent dans les opérations de calcul plus complexes.

Les étudiants admis à l'université devraient avoir été en contact avec divers champs de mathématique, comme le calcul différentiel et intégral, l'algèbre linéaire, la géométrie vectorielle, les statistiques, les probabilités, la logique et les mathématiques discrètes. Cette diversité devrait être préférée à l'approfondissement, à un niveau quasi universitaire, d'un nombre plus limité de champs.

Ainsi, des attentes précises en mathématique ont été manifestées par les universités.

Les trois énoncés suivants font partie de la formation attendue des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent.

Utiliser des méthodes de calcul différentiel et intégral pour résoudre des problèmes simples de nature biologique, chimique ou physique. Par exemple :

- Théorème fondamental du calcul différentiel et intégral
- Fonctions
- Limite, continuité, dérivée (techniques de dérivation)
- Manipulations algébriques
- Intégrales de base
- Équations différentielles
- Pensée formelle

Utiliser des méthodes de l'algèbre linéaire et de la géométrie vectorielle pour résoudre des problèmes de nature biologique, chimique ou physique. Par exemple :

- Géométrie
- Trigonométrie
- Nombres complexes
- Identité remarquable
- Modélisation, modélisation 3D
- Décomposition de vecteurs
- Notions de plans

L'acquisition de notions de base en statistiques et probabilités est attendue des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent. Ces notions sont jugées essentielles dans tous les domaines scientifiques pour bien comprendre et interpréter le sens des données probantes, entre autres celles issues de la recherche.

L'acquisition des notions de base en mathématiques discrètes amène l'étudiant à exprimer ou à étudier des problèmes et des objets des mathématiques finies.

Exploiter les statistiques, les probabilités et les mathématiques discrètes pour résoudre des problèmes de nature biologique, chimique ou physique. Par exemple :

- Statistiques descriptives
- Théorie des ensembles
- Lois de probabilité, calcul des probabilités, hasard, modèle probabiliste
- Base des statistiques (moyenne, écart-type, test d'hypothèse, etc.)
- Concept des bases de données massives, organisation, interprétation et présentation des données
- Méthodes de preuve
- Suites et séries

Le dernier énoncé fait partie de la formation attendue des diplômés à leur arrivée dans certains programmes universitaires de sciences.

Appliquer des notions d'un domaine mathématique à la résolution de problèmes complexes de nature biologique, chimique ou physique.

L'informatique et la bureautique en lien avec l'intégration des TIC

La discipline informatique peut être segmentée en deux volets : la bureautique et l'informatique. Les participants ont convenu de la nécessité pour les étudiants admis à l'université de savoir faire usage d'un traitement de textes, d'un tableur, d'un logiciel de présentation, voire d'un logiciel de référencement. D'un autre côté, les universités n'estiment pas nécessaire que les étudiants sachent utiliser des moyens électroniques comme l'expérimentation assistée par ordinateur (EXAO) ou des logiciels spécialisés comme Maple, Matlab, GeoGebra. Ces outils ne soutiennent pas la réflexion, nuisent à la capacité de raisonnement tout en ne favorisant pas certains apprentissages, par exemple la représentation graphique.

Un questionnaire existe au regard de la variabilité des acquis en bureautique des étudiants admis à l'université. Les participants aux entrevues estiment qu'il n'appartient pas aux établissements postsecondaires de combler ce besoin. Les personnes concernées devraient manifester de l'autonomie et développer leurs compétences en dehors des cours en exploitant les ressources disponibles dans leur milieu ou en recourant à un didacticiel⁵.

Sur le plan strictement informatique, le développement de la pensée algorithmique est jugé souhaitable par un grand nombre de répondants des programmes du génie et des sciences pures et appliquées, le but étant la formation d'un esprit logique et critique apte à formaliser avec rigueur une résolution de problèmes dans le cadre d'un processus complet. Le développement de cette compétence n'implique pas nécessairement d'utiliser un langage spécifique de programmation.

Les énoncés suivants font partie de la formation attendue des diplômés à leur arrivée dans certains programmes universitaires de sciences.

Démontrer de la logique et de la rigueur en appliquant la démarche scientifique lors de l'élaboration d'un algorithme simple visant la résolution d'un problème simple ou complexe de nature biologique, chimique ou physique. Par exemple :

- Opérateurs logiques
- Notions de base en programmation
- Algorithme : permutation, arrangement et combinaison
- Techniques de preuve
- Raisonnement

Développer un programme informatique visant à résoudre une problématique simple ou complexe de nature biologique, chimique ou physique. Par exemple :

- Objet : typage et polymorphisme
- Méthode de programmation par objet
- Langages de programmation par objet
- Programmation structurée
- Environnements graphiques
- Outils de modélisation numérique

⁵ Le niveau variable des acquis témoigne de l'hétérogénéité des apprentissages réalisés en matière de bureautique. L'usage des outils bureautiques se répand et ils sont exploités tant au primaire qu'au secondaire. Considérant cela, il est probable que cette observation ne soit que conjoncturelle, d'où la prise de position des universités qui ne souhaitent pas voir les collègues s'engager dans une formation en bureautique dans le cadre d'un programme de sciences.

Les sciences humaines et sociales⁶

Tous les participants du secteur des sciences de la santé ont, lors des entrevues, manifesté des attentes spécifiques quant à la connaissance du développement personnel et du comportement humain. La nature des interactions professionnelles justifie ce souhait.

Par ailleurs, les universités ont des attentes liées à l'éthique, aux valeurs et à l'intégrité. L'acceptabilité sociale de la science et la responsabilité du scientifique font aussi partie de leurs préoccupations, tout comme la sensibilisation à la nature du travail scientifique et à la diversité des carrières en sciences.

Définir une posture professionnelle par la compréhension des facteurs psychologiques expliquant les comportements de la personne et des groupes, notamment dans le contexte de la gestion de soi et des rapports interpersonnels. Par exemple :

- Développement de la personne
- Gestion de soi, introspection, autoévaluation
- Relations interpersonnelles, relation d'aide
- Communication interpersonnelle, rétroaction et enseignement
- Sens des responsabilités
- Enjeux liés aux personnes et au milieu de travail, dont l'intégrité et l'éthique professionnelle

La géologie

Les participants aux entrevues n'ont pas signifié d'attentes spécifiques en ce qui concerne la géologie, bien qu'ils aient signalé que des notions paraissent utiles, notamment en génie, pour comprendre la géographie physique.

Le côté intégrateur de cette discipline est ressorti des échanges. Elle offre en effet une perspective permettant d'élargir l'intégration des notions scientifiques du programme. L'intégration de notions liées aux sciences de la terre, voire aux sciences de l'environnement, pourrait favoriser la multidisciplinarité associée à ces domaines, tout en offrant des occasions intéressantes d'amener les étudiants à exploiter des savoirs scientifiques disciplinaires au regard d'une situation complexe favorisant l'intégration des apprentissages.

⁶ À compter de l'automne 2017, plusieurs programmes de doctorat de premier cycle dans le domaine de la santé à l'Université de Montréal et le programme de pharmacie de l'Université Laval auront recours au Test d'évaluation des compétences transversales en ligne (TECT ou test de Casper) :

« ... le nouveau test en ligne comporte 12 scénarios comprenant 9 mises en situation vidéos et 3 scénarios écrits. Après chaque étape, les candidats répondent à trois questions dans un délai de cinq minutes. » « D'une durée de 90 minutes, le TECT en ligne vise à évaluer sept compétences : le professionnalisme, l'intégrité, l'éthique, la communication, la collaboration, l'ouverture à la critique et la gestion du stress et des priorités. » « Le test permet d'évaluer les compétences non cognitives et les caractéristiques interpersonnelles jugées importantes pour réussir et devenir un excellent professionnel de la santé, en mesure de répondre aux besoins changeants de la société de manière éthique en prodiguant des soins exemplaires et empreints de compassion. » « Chaque candidat se verra proposer une série de scénarios parmi la trentaine qui figure dans la banque de données. Les scénarios, dont la diffusion diffère selon les plages horaires, sont présentés de façon aléatoire de sorte que les candidats ne savent pas sur lesquels ils vont tomber. » «... les copies sont anonymes et chaque scénario est noté par un évaluateur spécialisé différent [...] Au final donc, la copie de chaque candidat aura été vue par 12 correcteurs. »;

<http://nouvelles.umontreal.ca/article/2016/11/04/les-etudiants-de-doctorat-de-1er-cycle-en-sante-passeront-un-test-en-ligne>;
<https://admission.umontreal.ca/admission/1er-cycle/tect-en-ligne>].

Voici des exemples de scénarios du TECT : <https://takecasper.com/fr/echantillon-de-lexamen-casper>.

Le travail en laboratoire

Lors des entrevues, les échanges visaient à déterminer quels savoirs pratiques exigent des apprentissages en laboratoire. Le premier objectif des apprentissages en laboratoire est de développer l'autonomie chez les apprenants, entre autres par une meilleure prise en charge du protocole de laboratoire. Les universités ont déterminé un certain nombre de techniques de base liées à l'utilisation de certains équipements, à la tenue d'un carnet de laboratoire et à l'acquisition des règles de santé et de sécurité. Dans ce contexte, la portée des laboratoires devient un moyen didactique qui permet l'acquisition et l'intégration des savoirs au même titre qu'une activité d'apprentissage réalisée en classe.

Les représentants universitaires estiment de plus que les expériences de laboratoire doivent servir à l'acquisition de compétences, et non à des activités de démonstration. Certains domaines scientifiques se prêtent davantage à la mise en place de laboratoires pertinents.

Ces considérations ont conduit à la formulation d'une attente précise en ce qui concerne le travail de laboratoire. Ces acquis disciplinaires sont attendus des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent.

Développer des habiletés techniques de base propres aux travaux de laboratoire en réalisant des expériences en diverses disciplines du programme. Par exemple :

- Règles de santé et sécurité
- Bonnes pratiques de laboratoire
- Mise en solution : dilution, titrage, pH, acide-base
- Initiation aux instruments (ex. : microscope, balance)
- Rapport de laboratoire, production de graphique avec tableur
- Unités de mesure, prise de mesure
- Techniques (ex. : culture cellulaire)
- Nombres significatifs : jugement, critères de pertinence

L'intégration

L'intégration des apprentissages se situe au cœur des préoccupations des universités, et ce, sur le plan tant disciplinaire que transdisciplinaire. Les disciplines interagissent pour expliquer le quotidien. Dès lors, un effort doit être fait en vue d'amener les étudiants à mobiliser leurs acquis.

L'ensemble de ces préoccupations se traduit par une attente à l'égard des diplômés, quel que soit le programme universitaire de sciences auquel ils se destinent.

Exploiter les acquis disciplinaires du programme pour décrire ou expliquer des situations du quotidien ou des problèmes scientifiques de base.

Les tableaux suivants regroupent les différents énoncés relatifs aux acquis disciplinaires attendus des diplômés des programmes de sciences du collégial.

Pour les participants aux entrevues, les éléments de formation transdisciplinaire s'inscrivent en complément des connaissances disciplinaires.

Attentes à l'égard des diplômés quel que soit le programme de sciences auquel ils se destinent

- Distinguer les interactions des organismes vivants avec leur milieu en se référant aux concepts et aux théories explicatives des mécanismes et des fonctions des systèmes biologiques.
- Acquérir les bases théoriques, conceptuelles et méthodologiques afin de comprendre la nature, les propriétés chimiques et la structure de la matière inorganique.
- Acquérir les bases théoriques, conceptuelles et méthodologiques afin de comprendre la nature, les propriétés chimiques et la structure de la matière organique.
- Utiliser les principes, les lois et les théories de la physique pour expliquer le fonctionnement d'objets du quotidien, notamment en ce qui a trait aux aspects fondamentaux de la mécanique.
- Utiliser les principes, les lois et les théories de la physique pour expliquer le fonctionnement d'objets du quotidien, notamment en ce qui a trait aux aspects fondamentaux de l'électricité, du magnétisme, des ondes, de l'optique et de la physique moderne.
- Utiliser des méthodes de calcul différentiel et intégral pour résoudre des problèmes simples de nature biologique, chimique ou physique.
- Utiliser des méthodes de l'algèbre linéaire et de la géométrie vectorielle pour résoudre des problèmes de nature biologique, chimique ou physique.
- Exploiter les statistiques, les probabilités et les mathématiques discrètes pour résoudre des problèmes de nature biologique, chimique ou physique.
- Démontrer de la logique et de la rigueur en appliquant la démarche scientifique lors de l'élaboration d'un algorithme simple visant la résolution d'un problème simple ou complexe de nature biologique, chimique ou physique.
- Développer des habiletés techniques de base propres aux travaux d'un laboratoire scientifique en réalisant différentes expériences dans les disciplines du programme.
- Exploiter les acquis disciplinaires du programme pour décrire ou expliquer des situations du quotidien ou des problématiques scientifiques de base.

Attentes à l'égard des diplômés à leur arrivée dans certains programmes universitaires de sciences

- Appliquer des concepts et des théories à l'étude des mécanismes, des fonctions et de l'interaction des systèmes biologiques chez l'être humain.
- Appliquer différents éléments de connaissance à la compréhension de la nature, des propriétés chimiques et de la structure de la matière organique ou inorganique.
- Appliquer des éléments de connaissances de divers domaines (mécanique, électricité, magnétisme, ondes, optique, physique moderne) à la description du fonctionnement de systèmes technologiques complexes sous différents aspects.
- Appliquer des notions d'un domaine mathématique à la résolution de problèmes complexes de nature biologique, chimique ou physique.
- Développer un programme informatique visant à résoudre une problématique simple ou complexe de nature biologique, chimique ou physique.
- Définir une posture professionnelle par la compréhension des facteurs psychologiques expliquant les comportements de la personne et des groupes, notamment dans le contexte de la gestion de soi et des rapports interpersonnels.

CONCLUSION

Dans les pages qui précèdent, nous avons expliqué la démarche de recherche et présenté une synthèse des rencontres tenues avec des représentants des universités.

En substance, la formation scientifique acquise par les étudiants admis à l'université est jugée satisfaisante par les personnes interrogées, quoique trop poussée. Cette formation est hétérogène et les acquis des étudiants ont un caractère théorique qui rend difficile l'utilisation de ces savoirs dans la résolution de problème ou dans l'arrimage à de nouvelles connaissances. Dans ce contexte, les universités souhaitent, pour leurs étudiants, une formation scientifique générale donnant lieu à la maîtrise des principaux concepts, théories ou méthodes plutôt qu'à une exploration d'un ensemble élargi de ces éléments disciplinaires. La référence à la célèbre phrase de Montaigne « *Mieux vaut une tête bien faite qu'une tête bien pleine* » témoigne bien de l'attente des universités pour ce qui est du niveau de formation. Cette perspective de travail est liée à la capacité d'apprendre à apprendre.

À ce sujet, l'adoption d'approches pédagogiques actives d'arrimage interordres a occupé une place non négligeable dans nos échanges avec les universités.

Un changement du paradigme pédagogique attendu

Lors des différentes entrevues, les universités ont témoigné de l'évolution de leurs pratiques pédagogiques et de l'application de l'approche programme dans bon nombre de programmes universitaires. Le contenu de ceux-ci se formule majoritairement en compétences et des méthodes pédagogiques sont employées pour rendre les étudiants actifs dans leurs apprentissages. Les universités y voient une manière de générer de la motivation par des apprentissages contextualisés permettant de répondre à la question « *À quoi ça sert d'apprendre ça?* ». À ce propos, les travaux d'Eric Mazur ont été cités en exemple à quelques reprises⁷. Dans le même ordre d'idée, notons aussi l'existence d'une communauté de pratique, composée de professeurs d'universités et de cégeps anglophones de la région de Montréal, visant la promotion d'une approche constructiviste et l'apprentissage actif⁸.

Les personnes rencontrées ont témoigné de l'excellent niveau de connaissances qu'acquiert les étudiants préalablement à leur entrée à l'université. Cependant, elles ont aussi souligné le morcellement de ces acquis, qui ne se lient pas pour apprivoiser de nouvelles connaissances ou résoudre des problèmes de niveau simple à complexe. Les étudiants ont tendance à vouloir appliquer des recettes toutes faites, apprises par cœur, sans mettre en œuvre une véritable démarche de résolution de problème avec des choix adaptés à la situation. Devant une situation-problème inconnue ou des consignes générales nécessitant d'établir un plan d'action, plusieurs se révèlent démunis, avec un niveau d'autonomie déficient.

⁷ Voir : BOUFFARD, Germain (2014). « L'apport d'Eric Mazur à la pédagogie » dans *Pédagogie collégiale*, vol. 27, n° 2, p. 29-33. [http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Bouffard-Vol_27-2.pdf].

⁸ [<http://www.saltise.ca/about>].

La mémorisation déconnectée de l'application rend le savoir inerte. C'est ainsi que l'étude des systèmes vus comme des ensembles mérite d'être priorisée, de préférence à l'étude des éléments du système, surtout si la compréhension de l'interaction des éléments n'est pas la finalité. Le danger de la granulation des savoirs consiste en une perte de contact avec la vue d'ensemble, celle-ci permettant à l'apprenant de « comprendre » les notions acquises.

La nature des activités d'apprentissage, par exemple les séries d'exercices visant la résolution d'équations, et les pratiques d'évaluation qui ne font que valider l'acquisition des connaissances paraissent peu significatives dans un contexte où c'est un savoir dynamique et des pratiques d'évaluation authentique qui doivent se développer. Recourir à des stratégies d'enseignement qui contextualisent et objectivent les savoirs proposés améliore la compréhension et, surtout, l'intégration des savoirs.

Sur un plan plus général, l'acquisition d'un esprit logique et scientifique est une des attentes de premier plan dans la formation en sciences. À l'acquisition des connaissances doivent absolument être liées la rigueur, la capacité de raisonnement, la logique argumentaire, l'autonomie, etc.

L'interconnexion des disciplines dans une perspective de complémentarité et de mise en application des connaissances est susceptible de générer une meilleure compréhension des concepts et des méthodes étudiés dans les cours, surtout lorsque l'enseignement traite de notions scientifiques liées à plus d'une discipline. Cette façon de faire est susceptible de favoriser l'intégration des apprentissages permettant une utilisation dynamique des acquis en vue de résoudre des problèmes, de comprendre et d'apprendre. En filigrane de cette finalité se retrouve la capacité d'apprendre à apprendre, souhaitée par les universités.

ANNEXE 1 : LE PROFIL PRODUIT PAR ÉDU CONSEIL

Nous ne citons ici que le texte du profil présenté à la section 5 du rapport d'Éduconseil.

Sur le plan disciplinaire, l'élève doit :

Être capable d'intégrer les connaissances qui sont au cœur d'une solide culture scientifique générale, c'est-à-dire les fondements, les principes, les concepts, les méthodes et la terminologie propres à la chimie, à la physique, à la biologie et aux mathématiques :

- la connaissance scientifique et comment elle se construit;
- les bases classiques des sciences naturelles et des mathématiques;
- les principes de base des probabilités, de la statistique et de l'informatique;
- les liens entre les nouvelles connaissances acquises et les connaissances antérieures de manière à bâtir un ensemble cohérent de savoirs dans lequel les apprentissages faits sont complémentaires les uns des autres;
- les liens entre les connaissances propres aux différentes disciplines scientifiques, leurs interrelations et une synthèse transdisciplinaire pour étudier un phénomène ou aborder un problème dans une perspective globale et systémique;
- les connaissances théoriques acquises pour comprendre des phénomènes concrets et accomplir des tâches pratiques, comme des travaux de laboratoire;
- une pensée structurée, un esprit de synthèse, de la souplesse et de la polyvalence de même qu'une ouverture au regard des différentes disciplines scientifiques.

Être capable de concevoir et de mettre en œuvre des démarches de recherche ou de résolution de problèmes en conformité avec les fondements, les principes et les procédés de la méthode scientifique :

- les caractéristiques de l'observation, de l'expérimentation, de la modélisation, de la simulation et des calculs théoriques qui représentent les techniques les plus souvent utilisées pour analyser des phénomènes ou résoudre des problèmes;
- la séquence des opérations propres à la méthode scientifique;
- l'autonomie dans sa réflexion et sa représentation mentale des notions abstraites afin d'analyser un phénomène ou un problème sous différents angles, de mettre au jour les principes, les lois, les concepts ou les équations auxquels il renvoie et de déterminer la meilleure manière de faire pour l'expliquer ou le résoudre;
- les raisonnements logiques pour définir des démarches de recherche ou de résolution de problèmes rigoureuses et efficaces, pour les appliquer et en présenter le résultat;
- un esprit scientifique, analytique, de rigueur, de minutie, d'attention aux détails, de débrouillardise, d'initiative et de curiosité intellectuelle ainsi qu'un sens de l'innovation.

Sur le plan des compétences transdisciplinaires, l'élève doit :

Être capable de communiquer clairement et efficacement à l'oral et à l'écrit :

- les différents types de discours et les divers types de productions écrites de même que leurs caractéristiques respectives;
- les idées structurées et l'expression orale et écrite, logique et cohérente en utilisant un vocabulaire précis et juste et en respectant les règles de l'orthographe, de la grammaire et

de la syntaxe propres à la langue d'enseignement;

- la rédaction de différents types de textes en appuyant ses propos sur des faits scientifiques bien documentés et en respectant les règles relatives à la mise en forme des documents, dont celles liées à la citation adéquate des sources;
- la lecture, la compréhension et l'interprétation des textes rédigés dans la langue d'enseignement – et en anglais pour les élèves francophones.

Être capable de travailler en équipe, soit de coopérer et de collaborer avec d'autres pour atteindre un but commun :

- le consensus entre les membres de l'équipe, c'est-à-dire écouter les autres, négocier, concilier des points de vue divergents et se concerter en groupe;
- l'organisation du travail et la coordination des tâches réparties entre les membres de l'équipe;
- l'ouverture aux autres et à la différence, l'humilité, le tact, la diplomatie, la tolérance, le respect, l'assurance, la confiance en soi et le leadership.

Être capable de rechercher et de traiter de l'information, notamment à l'aide des technologies de l'information et de la communication (TIC) :

- la recherche d'information en utilisant différentes ressources, dont des ouvrages de référence, des périodiques scientifiques, des bases de données et le réseau Internet, ce qui inclut l'utilisation judicieuse des moteurs de recherche;
- l'analyse et le tri de l'information recueillie pour en retenir les éléments essentiels et en interpréter le sens de façon raisonnée;
- la fiabilité, la crédibilité et la valeur scientifique de l'information recueillie;
- les diverses fonctionnalités des tableurs, des traitements de texte et des logiciels de présentation;
- les enjeux liés à l'utilisation des TIC, entre autres ceux liés à la protection de la vie privée, au téléchargement illégal, à la propriété intellectuelle et au piratage informatique;
- le sens critique.

Être capable d'utiliser des méthodes de travail et des stratégies d'apprentissage pour gérer efficacement ses études :

- la planification du travail et des priorités en fonction des échéances établies;
- l'horaire de travail et la gestion du temps;
- la prise de notes pertinentes pendant les cours et la révision de la matière;
- l'autonomie, la motivation, la persévérance, l'assiduité, la concentration et l'engagement dans ses études de même que la responsabilité de ses apprentissages.

Être capable d'agir de façon éthique et d'adopter une conduite responsable, notamment au moment de mener des recherches et d'autres travaux scientifiques :

- les fondements et les principes de l'éthique appliquée à la science et, en particulier, à la recherche, y compris le fait que la fabrication, la falsification et le plagiat de données invalident le travail scientifique;
- les principes de base du développement durable en vue de réfléchir, entre autres, aux risques qui peuvent être associés à l'application des connaissances scientifiques et technologiques, principalement sur les plans de la préservation de la biodiversité et du bien-

- être des communautés humaines;
- le caractère éthique de ses choix et de ses comportements en anticipant leurs conséquences possibles;
- les décisions éclairées au moment opportun;
- le jugement, le discernement, la sagacité, l'honnêteté intellectuelle, l'intégrité scientifique et le sens des responsabilités.

Être capable de situer son action, en tant que citoyenne ou citoyen et en tant que futur scientifique, dans un contexte social précis :

- les concepts de base des sciences sociales et humaines, dont ceux propres à la sociologie, à l'anthropologie, à la psychologie, à l'histoire, à la géographie, aux sciences politiques et aux sciences économiques;
- les liens qui unissent la science, la technologie, la société et l'environnement;
- les grands enjeux qui marquent la société actuelle et les valeurs qui leur sont sous-jacentes;
- l'ouverture d'esprit et la volonté d'approfondir ses connaissances.

ANNEXE 2 : LE PROFIL CONDENSÉ DE LA DIPLÔMÉE ET DU DIPLÔMÉ DU PROGRAMME D'ÉTUDES PRÉUNIVERSITAIRES SCIENCES DE LA NATURE

Le présent document vise à préciser la section colorée du tableau suivant qui est issu du Rapport d'analyse comparative produit à l'hiver 2016 par un groupe de travail.

SAVOIRS	SAVOIR-FAIRE	SAVOIR-ÊTRE
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Savoirs scientifiques (principes, fondements, concepts, méthodes, terminologie, etc.) propres aux disciplines suivantes : <ul style="list-style-type: none"> – Chimie – Physique – Biologie – Mathématique <ul style="list-style-type: none"> ○ Probabilités ○ Statistiques – Informatique – Sciences humaines et sociales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Intégrer les savoirs liés aux disciplines du programme 	<p>Faire preuve de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ouverture ➤ Autonomie ➤ Éthique et intégrité ➤ Sens critique ➤ Rigueur ➤ Esprit de synthèse
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recherche documentaire ➤ Démarches de recherche scientifique ➤ Démarches de résolution de problèmes ➤ Capacité d'abstraction ➤ Raisonnement juste ➤ Savoirs techniques liés au laboratoire (protocole, techniques et règles de santé et sécurité) ➤ Savoirs méthodologiques dans la langue d'enseignement et dans la langue seconde liés à la communication en sciences ➤ Habilités et enjeux liés à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) ➤ Éthique ➤ Enjeux et incidence sur l'évolution de la société des connaissances et des pratiques scientifiques ➤ Méthodes de travail d'équipe 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effectuer une recherche documentaire ➤ Appliquer une démarche de recherche scientifique ➤ Appliquer une démarche de résolution de problèmes ➤ Être en mesure de raisonner sans support concret ➤ Faire preuve d'un raisonnement juste ➤ Accomplir des tâches pratiques de laboratoire ➤ Communiquer de manière appropriée, dans la langue d'enseignement et seconde, à l'oral et à l'écrit, notamment dans un contexte scientifique ➤ Utiliser les TIC et des logiciels⁹ ➤ Faire preuve d'une conduite responsable et intègre ➤ Situer les enjeux et l'incidence sur l'évolution de la société des connaissances et des pratiques scientifiques ➤ Travailler en équipe 	

⁹ Le savoir-faire pourrait être défini en considérant le *Profil TIC des étudiants du collégial* publié en 2014.

ANNEXE 3 : COMPLÉMENTS

Cette annexe propose un complément d'information aux éléments issus des rencontres avec les universités. Elle met en contexte, développe ou caractérise différents éléments faisant l'objet d'attentes.

Les informations produites concernent la formation postsecondaire. Elles sont issues d'organismes reconnus et tirées d'une publication disponible via Internet. Il importe de contextualiser l'information puisque celle-ci réfère au système scolaire américain. Dans tous les cas, il est suggéré de se reporter aux documents originaux afin d'obtenir plus de précisions. Ces ouvrages abordent différentes questions, notamment les pratiques pédagogiques à privilégier.

Biologie

L'« *American Association for the Advancement of Science* » (AAAS) a publié en 2011 un document relatif à l'enseignement de la biologie dans les programmes collégiaux.¹⁰

Au plan cognitif l'AAAS définit six finalités propres à la formation collégiale en biologie.¹¹ Ces finalités servent de base au tableau de la page suivante.

- Ability to apply the process of science : *Biology is evidence based and grounded in the formal practices of observation, experimentation, and hypothesis testing.*
- Ability to use quantitative reasoning : *Biology relies on applications of quantitative analysis and mathematical reasoning.*
- Ability to use modeling and simulation : *Biology focuses on the study of complex systems.*
- Ability to tap into the interdisciplinary nature of science : *Biology is an interdisciplinary science.*
- Ability to communicate and collaborate with other disciplines : *Biology is a collaborative scientific discipline.*
- Ability to understand the relationship between science and society : *Biology is conducted in a societal context.*

L'AAAS recommande de s'attarder aux thèmes suivants afin de favoriser le développement de la littérature disciplinaire.¹²

- Evolution: *the diversity of life evolved over time by processes of mutation, selection, and genetic change.*
- Structure and function : *Basic units of structure de ne the function of all living things.*
- Information flow, exchange, and storage : *the growth and behavior of organisms are activated through the expression of genetic information in context.*
- Pathways and transformations of energy and matter : *Biological systems grow and change by processes based upon chemical transformation pathways and are governed by the laws of thermodynamics.*

¹⁰ American Association for the Advancement of Science (2011). *Vision and Change in undergraduate biology education*. <http://visionandchange.org>

¹¹ *Ibid.*, p. 14-15.

¹² *Ibid.*, p. 12-13.

- Systems : *Living systems are interconnected and interacting.*

Le tableau¹³ suivant illustre différentes perspectives de travail mises de l'avant par l'AAAS au regard des compétences de base à acquérir au terme de la formation collégiale en biologie.

Core Competency	Ability to apply the process of science	Ability to use quantitative reasoning	Ability to use modeling and simulation	Ability to tap into the interdisciplinary nature of science	Ability to communicate and collaborate with other disciplines	Ability to understand the relationship between science and society
Example of Ability in Disciplinary Practice	Biology is an evidence-based discipline	Biology relies on applications of quantitative analysis and mathematical reasoning	Biology focuses on the study of complex systems	Biology is an interdisciplinary science	Biology is a collaborative scientific discipline	Biology is conducted in a societal context
Demonstration of Competency in Practice	Design scientific process to understand living systems	Apply quantitative analysis to interpret biological data	Use mathematical modeling and simulation tools to describe living systems	Apply concepts from other sciences to interpret biological phenomena	Communicate biological concepts and interpretations to scientists in other disciplines	Identify social and historical dimensions of biology practice
Examples of Core Competencies Applied to Biology Practice	Observational strategies Hypothesis testing Experimental design Evaluation of experimental evidence Developing problem-solving strategies	Developing and interpreting graphs Applying statistical methods to diverse data Mathematical modeling Managing and analyzing large data sets	Computational modeling of dynamic systems Applying informatics tools Managing and analyzing large data sets Incorporating stochasticity into biological models	Applying physical laws to biological dynamics Chemistry of molecules and biological systems Applying imaging technologies	Scientific writing Explaining scientific concepts to different audiences Team participation Collaborating across disciplines Cross-cultural awareness	Evaluating the relevance of social contexts to biological problems Developing biological applications to solve societal problems Evaluating ethical implications of biological research

Chimie

L' « *American Chemical Society* » (ACS) a publié en 2015 un guide relatif à la formation en chimie dans les programmes collégiaux.¹⁴ Ce guide propose des balises à prendre en considération dans l'élaboration du volet chimie d'un programme de sciences.

¹³ *Ibid.*, p. 17.

¹⁴ American Chemical Society, Society Committee on Education (2015). *ACS Guidelines for chemistry in two-year college programs*, 45 p. https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/policies/twoyearcollege/2015_guidelines_for_two_year_college_programs.pdf

Les objectifs généraux

L'ACS formule sept objectifs de formation¹⁵ ayant un caractère transversal dans le cadre des programmes. Il s'agit de :

- La sécurité en laboratoire;
- La résolution de problème et la pensée critique;
- Les habiletés de communication;
- Le travail d'équipe;
- L'éthique;
- La recherche documentaire disciplinaire et la gestion de l'information;
- La préparation à l'emploi.

Dans le même ordre d'idée, l'ACS précise une autre perspective de formation « *The mathematical requirement is usually elementary algebra. The goal of such courses should be to educate students in the process of science, the molecular perspective of matter, and chemistry's relationship to other sciences, technology, and society.* »¹⁶

La chimie générale¹⁷

« *Completion of general chemistry course work ensures a common background in basic chemical concepts such as stoichiometry, states of matter, atomic structure, molecular structure and bonding, thermochemistry, equilibria, and kinetics. Course work must include a laboratory component.* »

« *Common outcomes of general chemistry should include knowledge of basic chemical concepts, strength in quantitative problem solving, preparation for higher-level course work, maturation of students' knowledge of chemistry, and application of mathematical skills. Students also need to be competent in basic laboratory skills, including laboratory safety, keeping a notebook, use of electronic balances and volumetric glassware, preparation of solutions, chemical measurements using pH electrodes and spectrophotometers, data analysis, and report writing.* »

La chimie organique¹⁸

« *Among the topics typically covered are synthesis, characterization, and physical properties of small organic molecules and macromolecules, and the mechanisms of common organic reactions. In order to ensure articulation of organic chemistry course work, including the laboratory...* »

Physique

L'« *American Physical Society* » et l'« *American Association of Physics Teachers* » ont récemment publié un document de réflexion sur l'enseignement de la physique dans les collèges.¹⁹ Ce document définit les acquis des diplômées et des diplômés.²⁰

¹⁵ *Ibid.*, p. 25-29.

¹⁶ *Ibid.*, p. 21.

¹⁷ *Ibid.*, p. 19-20.

¹⁸ *Ibid.*, p. 20.

¹⁹ Joint Task Force on Undergraduate Physics Programs (2016). *Phys21: Preparing Physics Students for 21st-Century Careers*, American Physical Society, 74 p. [http://www.compadre.org/JTUPP/docs/J-Tupp_Report.pdf].

²⁰ *Ibid.*, p. 19-21. Les sous-ensembles illustrant plusieurs énoncés ont été retirés afin de ne pas allonger la liste.

Physics-Specific Knowledge

- Demonstrate the ability to apply fundamental, crosscutting themes in physics, including conservation laws, symmetry, systems, models and their limitations, the particulate nature of matter, waves, interactions, and fields.
- Demonstrate competency in applying basic laws of physics in classical and quantum mechanics, electricity and magnetism, thermodynamics and statistical mechanics and special relativity, and the applications of these laws in areas such as optics, condensed matter physics, and properties of materials.
- Represent basic physics concepts in multiple ways, including mathematically (including through estimations), conceptually, verbally, pictorially, computationally, by simulation, and experimentally.
- Solve problems that involve multiple areas of physics.
- Solve multidisciplinary problems that link physics with other disciplines.
- Demonstrate knowledge of how basic physics concepts are applied in modern technology and apply this knowledge to the solution of applied problems.

Scientific and Technical Skills

- Solve complex, ambiguous problems in real-world contexts.
- Show how results obtained relate to the original problem, determine follow-on investigations, and place the results in a larger perspective.
- Demonstrate instrumentation competency in basic experimental technologies, including vacuum, electronics, optics, sensors, and data acquisition equipment. This includes basic experimental instrumentation abilities, such as knowing equipment limitations; understanding and using manuals and specifications; building, assembling, integrating, operating, troubleshooting, and repairing equipment; establishing interfaces between apparatus and computers; and calibrating laboratory instrumentation and equipment.
- Demonstrate software competency: competency in learning and using industry-standard computational, design, analysis, and simulation software, and documenting the results obtained for a computation or design.
- Demonstrate coding competency: competency in writing and executing software programs using a current software language to explore, simulate, or model physical phenomena.
- Demonstrate data analytics competency: competency in analyzing data, including with statistical and uncertainty analysis; distinguishing between models; and presenting those results with appropriate tables and charts.

Communication Skills

- Communicate with many different audiences from many different cultures and scientific backgrounds, understand each audience and its needs, and make the communication relevant and maximally impactful for that audience.
- Obtain information and evaluate its accuracy and relevance through reading (print and online), listening, and discussing.
- Articulate one's own state of understanding and be persuasive in communicating the worth of one's own ideas and those of others.
- Communicate in writing about scientific and technical concepts concisely and completely, and revise writing to achieve grammatically-correct and logically-constructed arguments.

- Organize and communicate ideas using words, mathematical equations, tables, graphs, pictures, animations, diagrams, and other visualization tools.
- Teach a complex idea or method to others, use feedback to evaluate the learning achieved, and develop revised strategies for improved learning.

Professional/Workplace Skills

- Work collegially and collaboratively in diverse, interdisciplinary teams both as a leader and as a member in pursuing a common goal.
- Identify independently what must be understood, and learn it.
- Generate new ideas.
- Obtain knowledge about existing technology resources relevant for the task at hand.
- Demonstrate familiarity with basic workplace concepts.
- Display awareness of regional and national career opportunities and pathways for physics graduates.
- Demonstrate awareness of standard practices for effective résumés and job interviews, as well as professional appearance and behavior.
- Demonstrate critical professional and life skills, including completing work on time, optimism, realism, time management, responsibility, respect, commitment, perseverance, independence, resourcefulness, integrity, ethical behavior, and cultural and social competence.

Mathématiques

La « *Mathematical Association of America* » (MAA) a publié en 2015 un guide relatif aux programmes collégiaux de mathématiques en sciences.²¹ Ce guide propose une série de recommandations touchant les acquis cognitifs et disciplinaires qui devraient être pris en compte en ce qui a trait aux mathématiques dans l'élaboration d'un programme de formation en sciences.

Les objectifs cognitifs²²

- Students should develop effective thinking and communication skills.
- Students should learn to link applications and theory.
- Students should learn to use technological tools.
- Students should develop mathematical independence and experience open-ended inquiry.

Les acquis disciplinaires²³

- Mathematical sciences major programs should include concepts and methods from calculus and linear algebra.
- Students majoring in the mathematical sciences should learn to read, understand, analyze, and produce proofs at increasing depth as they progress through a major.
- Mathematical sciences major programs should include concepts and methods from data analysis, computing, and mathematical modeling.

²¹ Mathematical Association of America (2015). *2015 CUPM Curriculum Guide to Majors in the Mathematical Sciences*, 108 p. [http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide_print.pdf].

²² *Ibid.*, p. 10.

²³ *Ibid.*, p. 11.

- Mathematical sciences major programs should present key ideas and concepts from a variety of perspectives to demonstrate the breadth of mathematics.
- Students majoring in the mathematical sciences should experience mathematics from the perspective of another discipline.
- Mathematical sciences major programs should present key ideas from complementary points of view: continuous and discrete; algebraic and geometric; deterministic and stochastic; exact and approximate.
- Mathematical sciences major programs should require the study of at least one mathematical area in depth, with a sequence of upper-level courses.
- Students majoring in the mathematical sciences should work, independently or in a small group, on a substantial mathematical project that involves techniques and concepts beyond the typical content of a single course.
- Mathematical sciences major programs should offer their students an orientation to careers in mathematics.

BIBLIOGRAPHIE

ALLÈGRE, Claude. (2009) *La science est le défi du XXI^e siècle*. Paris, Plon 348 pages.

American Association for the Advancement of Science (2011). *Vision and Change in undergraduate biology education*. <http://visionandchange.org>

American Chemical Society, Society Committee on Education (2015). *ACS Guidelines for chemistry in two-year college programs*, 45 p.
[\[https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/policies/twoyearcollege/2015_guidelines_for_two_year_college_programs.pdf\]](https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/policies/twoyearcollege/2015_guidelines_for_two_year_college_programs.pdf).

BOUFFARD, Germain (2014). « L'apport d'Eric Mazur à la pédagogie » dans *Pédagogie collégiale*, vol. 27, n° 2, p. 29-33. [\[http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Bouffard-Vol_27-2.pdf\]](http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Bouffard-Vol_27-2.pdf).

BRANDENBURG, Cynthia (2016). « Scientific Literacy Redefined » dans *The Scientist*, février 2016. [\[http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/45102/title/Scientific-Literacy-Redefined\]](http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/45102/title/Scientific-Literacy-Redefined).

CRESWELL, John W. (2014). *Research Design. Qualitative, quantitative and mixed methods approaches*, 4^e édition, Thousand Oaks, Sage Publications, 273 p.

DOWEK, Gilles (2013). « Enseigner les sciences au XXI^{ème} siècle » dans *Terminal*, n^{os} 113-114, p. 15-22. [\[https://terminal.revues.org/261\]](https://terminal.revues.org/261).

ÉDUCONSEIL (2014). *Le profil attendu par les universités de la part des élèves diplômés des programmes d'études préuniversitaires en sciences : résultat d'une étude*, SI, 90 p.

GALLOPIN, Gilberto C., Silvio FUNTOWICZ, Martin O'CONNOR et Jerry RAVETZ (2001). « La science pour le XXI^e siècle : du contrat social aux fondements scientifiques » dans *Revue internationale des sciences sociales* 2/2001, n° 168, p. 239-250. [\[https://www.cairn.info/revue-internationale-des-sciences-sociales-2001-2-page-239.htm\]](https://www.cairn.info/revue-internationale-des-sciences-sociales-2001-2-page-239.htm).

Joint Task Force on Undergraduate Physics Programs (2016). *Phys21: Preparing Physics Students for 21st-Century Careers*, American Physical Society, 74 p. [\[http://www.compadre.org/JTUPP/docs/J-Tupp_Report.pdf\]](http://www.compadre.org/JTUPP/docs/J-Tupp_Report.pdf).

Mathematical Association of America (2015). *2015 CUPM Curriculum Guide to Majors in the Mathematical Sciences*, 108 p.
[\[http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide_print.pdf\]](http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide_print.pdf).

PELLETIER, Denis (2004). *L'approche orientante : la clé de la réussite scolaire et professionnelle, tome 1 : L'aventure*, Québec, Septembre éditeur, 304 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR (2016). *Analyse comparative du programme d'études Sciences de la nature (200.B0) et des compétences attendues au seuil d'entrée à l'université*. Québec, Le Ministère, Direction de l'enseignement collégial, 60 p.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE (2015). *Précisions sur les savoirs disciplinaires requis par les universités dans les programmes d'études préuniversitaires en sciences*. Québec, Le Ministère, Direction de l'enseignement collégial, 68 p.