




Conseil ontarien
de la qualité de
l'enseignement supérieur

Un organisme du gouvernement de l'Ontario



Enseignement de la démarche scientifique : l'apprentissage par investigation pour les auxiliaires d'enseignement en biologie améliore les résultats d'apprentissage des étudiants de premier cycle

P. W. Hughes, Université Carleton

Publié par

Le Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur

1, rue Yonge, bureau 2402
Toronto (Ontario) Canada M5E 1E5

Téléphone : 416 212-3893
Télécopieur : 416 212-3899
Site Web : www.heqco.ca
Courriel : info@heqco.ca

Se référer au présent document comme suit :

Hughes, P. W. (2014). *Enseignement de la démarche scientifique : l'apprentissage par investigation pour les auxiliaires d'enseignement en biologie améliore les résultats d'apprentissage des étudiants de premier cycle*. Toronto : Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur.



Les opinions exprimées dans ce rapport de recherche sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue ou les politiques officielles du Conseil ontarien de la qualité de l'enseignement supérieur ou d'autres agences ou organismes qui ont offert leur soutien, financier ou autre, à ce projet. © Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2014

Remerciements

J'aimerais remercier Michelle Ellefson de son aide pour la conception de cette étude et l'analyse des résultats. J'aimerais également remercier Andrew Simons et Susan Aitken de leur aide et de leur encouragement, ainsi que les auxiliaires d'enseignement qui ont participé au projet et les étudiants et étudiantes de premier cycle qui ont répondu au questionnaire et sans qui cette étude n'aurait pas été possible.

Table des matières

Résumé	5
1.1 Contexte	5
1.2 Question de recherche	5
1.3 Méthodes de recherche	5
1.4 Conclusions	6
Travaux de recherche précédents et description de l'essai	6
2.1 Auxiliaires d'enseignement en Ontario	6
2.2 AE dans les disciplines STIM	7
2.3 L'apprentissage par investigation dans les disciplines STIM : travaux de laboratoire au premier cycle	8
2.4 Opinions des étudiants et étudiantes de premier cycle et des AE sur l'efficacité de l'enseignement des AE	9
2.5 Description de l'essai	10
Questions de recherche et prédictions	11
Méthode	13
4.1 Plan expérimental	13
4.2 Recrutement et approbation du comité d'éthique de la recherche	14
4.3 Participants et randomisation	15
4.3.1 AE participants à l'essai	15
4.3.2 Étudiants et étudiantes de premier cycle ayant répondu au questionnaire	16
4.4 Groupes de formation des AE	16
4.4.1 Groupe de formation sur l'apprentissage par investigation	16
4.4.2 Groupe de formation témoin	19
4.5 Mesures	22
4.5.1 SEEQ : capacité générale à enseigner	22
4.5.2 QEAC : Démarche scientifique	24
4.5.3 Notes dans les cours de premier cycle	24
4.6 Analyses statistiques	25
Résultats	27
5.1 Capacité globale à enseigner	27

5.1.1	Autoévaluation des AE	27
5.1.2	Évaluation par les étudiants et étudiantes de premier cycle.....	28
5.2	Démarche scientifique.....	29
5.2.1	Autoévaluation des AE	29
5.2.2	Évaluation par les étudiants et étudiantes de premier cycle.....	29
5.3	Notes des étudiants et étudiantes de premier cycle	30
Discussion		31
6.1	Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation améliore leur capacité générale à enseigner?.....	31
6.2	Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation améliore leur capacité d'enseigner la démarche scientifique?	32
6.3	Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation a une incidence sur les notes des étudiants et étudiantes de premier cycle?	33
6.4	Opinions des AE et des étudiants et étudiantes de premier cycle concernant la capacité à enseigner des AE.....	34
6.5	Est-ce que la formation basée sur l'investigation devrait être offerte aux AE de laboratoire dans les disciplines STIM?	35
Conclusions et recherches à l'avenir		35
Références		37

Une annexe autonome est accessible en anglais seulement, à l'adresse heqco.ca.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données démographiques sur les AE participants.....	15
Tableau 2 : Données démographiques sur les répondants du premier cycle	16
Tableau 3 : Activités du séminaire d'enseignement destiné au groupe de formation sur l'apprentissage par investigation	17
Tableau 4 : Activités du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe de formation sur l'apprentissage par investigation	18
Tableau 5 : Activités du séminaire d'enseignement destiné au groupe témoin.....	20
Tableau 6 : Activités du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe témoin	21
Tableau 7 : Dimensions du SEEQ : Mesures de l'efficacité globale à enseigner.....	23
Tableau 8 : Items du QEAC : capacités d'apprentissage cognitives et exemples.....	24
Tableau 9 : Note et échelle MPC de l'Université Carleton.....	25

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme du plan expérimental.....	14
Figure 2 : Efficacité moyenne de l'enseignement selon l'autoévaluation des AE pour les dimensions du SEEQ (en fonction du groupe de formation des AE)	27
Figure 3 : Évaluation moyenne de l'efficacité de l'enseignement des AE par les étudiants et étudiantes de premier cycle pour les dimensions du SEEQ (en fonction du groupe de formation des AE)	28
Figure 4 : Efficacité moyenne de l'enseignement selon l'autoévaluation des AE pour le QEAC (en fonction du groupe de formation des AE)	29
Figure 5 : Évaluation moyenne de l'efficacité de l'enseignement des AE par les étudiants et étudiantes de premier cycle pour le QEAC (en fonction du groupe de formation des AE)	30
Figure 6 : Notes des étudiants et étudiantes de premier cycle selon le groupe de formation.....	31

1 Résumé

1.1 Contexte

Les établissements d'enseignement supérieur augmentent graduellement la charge d'enseignement des étudiants et étudiantes de 2^e ou 3^e cycle qui occupent un poste d'auxiliaire d'enseignement (AE), une tendance tout particulièrement marquée dans les disciplines STIM (science, technologie, ingénierie, mathématiques). Au fur et à mesure que les AE assument une plus grande responsabilité dans l'enseignement aux étudiants et étudiantes de premier cycle dans ces disciplines, la réussite scolaire exigera un investissement dans la formation pédagogique des AE, et il sera encore plus crucial d'améliorer les aptitudes à l'enseignement des AE grâce à des séances de formation.

1.2 Question de recherche

La présente étude avait pour but d'examiner si le fait de former les AE affectés aux laboratoires de biologie à utiliser des méthodes fondées sur l'investigation permet d'améliorer davantage l'efficacité de l'enseignement que le permet l'actuel modèle des « meilleures pratiques ». Les cours de biologie de premier cycle, comme ceux d'autres disciplines scientifiques, comportent habituellement des travaux de laboratoire basés sur une investigation structurée afin d'enseigner aux étudiants et étudiantes de premier cycle la façon d'appliquer les compétences liées à la démarche scientifique. Cette approche pédagogique est ancrée dans l'apprentissage par investigation (Brown, 2010; Wilke et Straits, 2005). La question de recherche était la suivante : *Est-ce que le fait de fournir aux auxiliaires d'enseignement de la formation pédagogique concernant des méthodes fondées sur l'investigation améliore l'efficacité de leur enseignement dans les travaux de laboratoire de science au premier cycle (comparativement à la formation sur les « meilleures pratiques »)?* Mon hypothèse était qu'une telle formation, comprenant une introduction théorique au processus d'apprentissage par investigation et de la formation sur la façon de faciliter et d'évaluer les activités d'investigation axées sur les étudiants et étudiantes, améliorerait l'enseignement des AE en laboratoire par rapport aux méthodes de formation traditionnelles des AE, qui se résument surtout à offrir des conseils et des stratégies liés aux « meilleures pratiques ».

1.3 Méthodes de recherche

J'ai utilisé un essai contrôlé quasi randomisé pour comparer les deux genres de formation offerts aux AE. Cinquante-deux AE ont été recrutés et assignés de façon aléatoire à l'un de deux groupes. Chacun de ces deux groupes a reçu deux séances de formation, la première sur les compétences en enseignement en laboratoire, et la seconde sur la notation et l'évaluation des aptitudes. Le groupe de l'apprentissage par investigation (groupe API) a reçu de la formation dans un contexte d'« investigation »; le processus d'apprentissage par investigation a été expliqué aux AE, et leur capacité à enseigner ce processus a été évaluée. Le groupe témoin (GT) a reçu une formation sur les « meilleures pratiques » pédagogiques (soit la formation la plus courante pour les AE). Cette formation consiste à fournir aux AE divers conseils portant sur des tâches précises et tirés de documents de formation et de travaux de recherche en matière d'éducation visant à rendre plus efficace l'enseignement en laboratoire. Mon hypothèse était que les méthodes d'apprentissage par investigation amélioreraient les mesures de l'efficacité de l'enseignement par rapport à la formation traditionnelle sur les meilleures pratiques.

L'efficacité de l'enseignement a été évaluée à l'aide de trois mesures : (1) l'inventaire d'évaluation de la qualité de l'enseignement par les étudiants (Student Evaluation of Educational Quality ou SEEQ), qui compte 32 items répartis en neuf dimensions et a été élaboré par Herbert Marsh (Marsh et Bailey, 1993;

Marsh, 1982, 1987); (2) le questionnaire d'évaluation de l'apprentissage cognitif (QEAC), qui comprenait six items, a été élaboré pour la présente étude afin d'évaluer les compétences liées à la démarche scientifique, et est fondé sur la version révisée de la taxonomie de l'apprentissage de Bloom (Krathwohl, 2002); (3) notes finales des étudiants et étudiantes de premier cycle, normalisées par cours. Le SEEQ et le QEAC ont été mis en ligne à la disposition des AE participants et des étudiants et étudiantes inscrits aux laboratoires d'introduction à la biologie dirigés par les AE. On a ainsi pu recueillir les réponses des 52 AE et de 603 étudiants et étudiantes de premier cycle. Ce sont les étudiants et étudiantes de premier cycle eux-mêmes qui ont fourni leurs notes, et les données statistiques descriptives sur ces notes ont été recueillies auprès des chargés de cours (coordonnateurs des laboratoires et professeurs).

1.4 Conclusions

La principale prédiction de l'hypothèse a été confirmée en cela que pour les trois mesures, le score d'efficacité de l'enseignement a été plus élevé pour les AE du groupe API. D'importantes différences ont été constatées pour des dimensions et capacités particulières du SEEQ et du QEAC, et les réponses des étudiants et étudiantes de premier cycle comportaient de plus grandes différences que les autoévaluations des AE. Les étudiants et étudiantes ont accordé un score plus élevé aux AE du groupe API pour six des neuf dimensions du SEEQ (valeur de l'apprentissage, enthousiasme de l'enseignant, organisation, rapport individuel, rétroaction concernant les devoirs, qualité globale de l'enseignement), et pour quatre des six capacités du QEAC, notamment pour trois des quatre capacités cognitives d'ordre supérieur, qui correspondent aux objectifs d'apprentissage en profondeur de la version révisée de la taxonomie de Bloom (Krathwohl, 2002). Les étudiants et étudiantes de premier cycle dont les AE avaient reçu une formation sur l'apprentissage par investigation ont obtenu dans leurs cours une note significativement plus élevée que celle des étudiants et étudiantes dont les AE avaient reçu la formation du groupe témoin. Dans l'ensemble, la formation sur l'apprentissage par investigation offerte aux AE était liée à une plus grande efficacité de l'enseignement et à de meilleures compétences relatives à la démarche scientifique chez les étudiants et étudiantes de premier cycle.

2 Travaux de recherche précédents et description de l'essai

2.1 Auxiliaires d'enseignement en Ontario

Dans les universités en Ontario, comme cela se fait ailleurs en Amérique du Nord, les étudiants et étudiantes de 2^e ou 3^e cycle qui occupent un poste d'auxiliaire d'enseignement (AE) sont des éducateurs à temps partiel employés pour fournir du soutien à l'enseignement aux chargés de cours du premier cycle. Ce soutien prend diverses formes : certains AE supervisent individuellement les étudiants et étudiantes de premier cycle, d'autres notent les examens et les devoirs ou offrent aux étudiants et étudiantes des exposés magistraux ou des séances de tutorat supplémentaires, et d'autres encore supervisent les étudiants et étudiantes pendant les séances de laboratoire. Les tâches d'enseignement des AE sont généralement très souples, et l'enseignement fourni par les AE représente souvent une proportion importante des heures d'enseignement prodiguées aux étudiants et étudiantes de premier cycle par des spécialistes de leur département d'origine (Lowman et Mathie, 1993; Luft et coll., 2004).

Le désir d'améliorer l'éducation dans les laboratoires de science dans les universités nord-américaines présente des difficultés fondamentales. Même si les AE de laboratoire doivent enseigner à un niveau relativement élevé pour que les travaux de laboratoire des étudiants et étudiantes atteignent les objectifs

éducatifs escomptés, les AE (comme nombre de membres du corps professoral) n'ont pas suivi de formation en enseignement, et leur offrir la formation pédagogique à l'échelle nécessaire peut être une opération coûteuse qui exige beaucoup de temps. À mesure qu'a augmenté l'effectif étudiant dans les universités, le recours aux AE s'est également accru dans les établissements d'enseignement supérieur de l'Amérique du Nord (Creech et Sweeder, 2012). Les AE ont assumé une grande partie de la charge d'enseignement supplémentaire, sans doute parce qu'ils représentent un coût de main-d'œuvre par unité moins élevé que les chargés de cours ou les membres du corps professoral. Cette tendance – faire face à un effectif étudiant plus nombreux en embauchant plus d'AE (et des chargés de cours à temps partiel) pour aider un nombre fixe de professeurs à temps plein – a stimulé l'intérêt envers la formation pédagogique des AE, car on a établi une corrélation élevée entre la qualité de l'apprentissage au premier cycle et l'efficacité apparente de l'enseignement des AE (Bond-Robinson et Rodriques, 2006; Hardré, 2005).

La façon de former les AE fait l'objet de nombreux débats, mais il semble que l'on s'entende pour dire qu'il faut que la quantité et la qualité de la formation des AE augmentent (Black et Bonwell, 1991; Buerkel-Rothfuss et Gray, 1990; Hardré, 2005; Lowman et Mathie, 1993; Meyers et Prieto, 2000; Nyquist, Abbott et Wulff, 1989; Park, 2004; L. Prieto, 2002; Rushin et coll., 1997; Verleger et Velasquez, 2007; Volkman et Zgagacz, 2004). Certaines études ont montré de façon plutôt concluante que lorsque de la formation pédagogique est fournie, cela améliore sensiblement l'efficacité de l'enseignement des AE (Black et Bonwell, 1991; Hardré et Burris, 2010; Marbach-Ad et coll., 2012; Shannon, Twale et Moore, 1998). En outre, même si un grand nombre de professeurs d'université n'ont pas reçu de formation pédagogique institutionnelle, beaucoup d'universités offrent des programmes de formation conçus pour que leurs professeurs acquièrent des compétences de base en enseignement. Jusqu'à récemment, de nombreux AE étaient formés à l'aide des mêmes programmes ou de programmes particuliers modelés sur cette approche (Rushin et coll., 1997).

En 2012, 19 des 23 universités de l'Ontario offraient aux AE une forme ou une autre de formation (Miles et Polovina-Vukovic, 2012). Cette formation prenait différentes formes, notamment : séances d'orientation d'une journée ou d'une demi-journée, séminaires pédagogiques, séances de microenseignement en personne, apprentissage par observation, webinaires. L'Université Carleton (site de l'essai) offre aux AE à temps plein cinq heures de formation pédagogique rémunérée par année. D'autres facteurs s'appliquent à la formation des AE fournie par différentes universités, notamment si cette formation : (1) est obligatoire ou non; (2) vise uniquement les nouveaux AE, les AE chevronnés, ou les deux groupes; (3) est rémunérée ou non; (4) est liée à un cours, à un département ou à une faculté en particulier; (5) porte principalement sur le contenu d'un cours ou les compétences en enseignement; (6) utilise ou non des méthodes d'enseignement fondées sur des preuves.

2.2 AE dans les disciplines STIM

Enseigner aux étudiants et étudiantes de premier cycle à établir un lien entre la connaissance de la matière et une compréhension conceptuelle est un objectif courant d'un grand nombre d'AE des disciplines STIM (science, technologie, ingénierie, mathématiques). Les tâches pédagogiques nécessaires à cet égard sont difficiles, même pour des enseignants chevronnés, qu'ils aient reçu ou non une formation pédagogique. Parmi les problèmes spécifiques auxquels font face les AE des disciplines STIM, on peut citer les suivants : les connaissances particulières liées aux disciplines STIM sont complexes et non intuitives; l'apprentissage scientifique implique un changement de croyance (Norton et coll., 2005; Tompkins et Dimiduck, 2011); les compétences liées à la démarche scientifique sont des fonctions cognitives d'ordre supérieur (Wilke et Straits, 2005); il peut être difficile de formaliser les principes scientifiques et d'en discuter (Lin et coll., 2013; Linn et coll., 2006). Sans un certain niveau de formation pédagogique, il n'est pas facile d'enseigner efficacement les compétences liées à la démarche scientifique. Étant donné que, dans les universités de l'Ontario, les AE assument au premier cycle une part proportionnellement plus grande de l'enseignement

que les membres du corps professoral, il deviendra de plus en plus important d'offrir de la formation pédagogique aux AE, et particulièrement aux AE des disciplines STIM.

Les travaux de laboratoire dans les cours d'introduction des disciplines STIM sont conçus pour enseigner aux étudiants et étudiantes de premier cycle les connaissances liées à une discipline particulière et les compétences liées à la démarche scientifique. Les travaux de laboratoire font également partie des activités les plus difficiles à enseigner (Ertepinar et Geban, 1996; Vale et coll., 2012; Wallace et coll., 2003). Cela est précisément dû au fait que l'on n'enseigne pas seulement un contenu dans les laboratoires. En effet, contrairement à ce qui se passe dans les salles de cours, où les étudiants et étudiantes reçoivent souvent passivement l'information, dans les laboratoires, les étudiants et étudiantes de premier cycle sont appelés à participer à des activités d'investigation structurée ou ouverte afin d'apprendre à « penser comme un scientifique » – c'est-à-dire à mener une démarche scientifique et à utiliser la méthode scientifique. Par conséquent, former le personnel enseignant afin qu'il puisse bien enseigner la démarche scientifique est un facteur essentiel de la réussite globale des étudiants et étudiantes de premier cycle dans les programmes de science (Luft et coll., 2004; Roehrig et coll., 2003).

Comme les universités de recherche partout en Amérique du Nord, la plupart des universités de l'Ontario ont beaucoup recours aux travaux de laboratoire dans leurs cours d'introduction aux sciences. Étant donné que les travaux de laboratoire exigent un degré élevé de supervision ainsi qu'un rapport étudiants-AE proportionnellement élevé, la réussite de ce modèle dépend en grande partie de la disponibilité et de la qualité d'une main-d'œuvre constituée d'AE. Les travaux de laboratoire, parce qu'ils sont des activités d'apprentissage actif, exigent un rapport étudiants-enseignant plus élevé que les cours magistraux traditionnels ou les autres activités d'apprentissage passif comme les exposés magistraux en ligne et l'apprentissage axé sur les devoirs. Par exemple, à l'Université Carleton, les laboratoires d'introduction à la biologie ont habituellement un démonstrateur ou une démonstratrice pour chaque groupe de dix étudiants et étudiantes. Pour les universités, la façon la plus rentable d'assurer ce rapport étudiants-enseignant élevé est d'embaucher un très grand nombre d'AE comme démonstrateurs de laboratoire. Cela, conjugué à la tendance à long terme qui marque un accroissement des effectifs étudiants dans les universités en Ontario (Finnie et Pavlic, 2013), tendance qui ne montre aucun signe de ralentissement, ainsi qu'au fait que le roulement des AE est élevé (puisque les étudiants et étudiantes de 2^e ou 3^e cycle terminent leurs études dans une période de deux à cinq ans), a comme conséquence que le bassin d'AE ayant besoin de formation concernant les techniques d'enseignement en laboratoire ne cesse de croître.

En raison du grand nombre d'AE nécessaires pour les cours de laboratoire ainsi que du fait que l'enseignement fondé sur l'investigation structurée est une tâche relativement difficile, le personnel chargé de la formation des AE fait face à trois différents enjeux : premièrement, les travaux de laboratoire font partie des choses qui sont le plus difficiles à enseigner; deuxièmement, la demande en AE est continue, car les anciens AE chevronnés sont constamment remplacés par de nouveaux AE inexpérimentés; troisièmement, la formation des AE – si tant est qu'elle soit obligatoire ou rémunérée – se limite habituellement à quelques heures de formation (parfois même à une seule séance d'orientation).

2.3 L'apprentissage par investigation dans les disciplines STIM : travaux de laboratoire au premier cycle

Dans les disciplines STIM au niveau postsecondaire, l'intérêt pour les pédagogies axées sur l'apprenant, en particulier l'apprentissage par investigation (API), s'est accru depuis l'année 2000 (Bao et coll., 2009). Cela est dû au fait que les théories de l'apprentissage constructiviste comme l'API mettent l'accent sur l'acquisition de capacités cognitives d'ordre supérieur considérées essentielles au développement de la pensée scientifique (p. ex. explication de la théorie et conception d'un protocole expérimental). En tant

qu'activités d'investigation structurée, les cours de laboratoire diffèrent notamment des autres formes d'enseignement au premier cycle en ce que la réussite de l'apprentissage dépend de la capacité du personnel enseignant à présenter le contenu scientifique (p. ex. les propriétés chimiques de l'ADN), mais également de sa capacité à faire appel à des fonctions cognitives d'ordre supérieur, par exemple à appliquer la méthode scientifique et à interpréter les données (p. ex. quels seraient les résultats d'une hypothèse particulière étant donné les propriétés chimiques de l'ADN). L'utilisation croissante de méthodes d'enseignement fondées sur l'investigation dans les cours universitaires a incité plus d'un à demander que l'on offre une formation pédagogique propre à ce genre d'enseignement.

Dans les disciplines STIM, l'apprentissage par investigation sert principalement à favoriser l'acquisition de compétences générales liées à la démarche scientifique. Bien qu'il existe des études appuyant leur utilisation comme outils pédagogiques à cet égard, on n'a pas encore établi si les méthodes axées sur l'investigation donnent généralement de meilleurs résultats que les méthodes axées sur l'enseignant. Certains critiques soutiennent que les méthodes fondées sur l'investigation sont généralement inefficaces pour ce qui est d'enseigner des compétences liées à l'investigation, car le manque d'orientation réifie les erreurs existantes (Kirschner, Sweller et Clark, 2010), alors que nombre d'autres études montrent une amélioration des capacités cognitives d'ordre supérieur, tant dans les cours de science de la maternelle à la 12^e année (Hanauer et coll., 2006) que dans ceux du niveau postsecondaire (Luckie, Maleszewski, Loznak et Krha, 2004; Price, 2012; Volkmann et Zgagacz, 2004). En réponse aux critiques faisant état du manque d'orientation, beaucoup d'auteurs ont élaboré des travaux de laboratoire au premier cycle conçus pour cibler expressément l'acquisition de compétences liées à l'investigation grâce à l'utilisation d'une investigation guidée ou par étape (Apedoe, Walker et Reeves, 2006; Goldey et coll., 2012; Iler et Justice, 2012; Schoffstall et Gaddis, 2007; Uno, 2009; Wallace et coll., 2003). Ce genre de méthodes est conçu pour fournir « juste assez » de directives pour structurer efficacement l'apprentissage. C'est-à-dire que l'investigation est guidée afin que les étudiants et étudiantes ne s'embourbent pas dans le processus, mais n'est pas dirigée, afin que l'apprentissage soit réellement axé sur les étudiants et étudiantes.

Étant donné que les AE jouent un rôle important pour ce qui est de faciliter l'apprentissage dans les laboratoires au premier cycle, plusieurs auteurs ont indiqué que l'apprentissage par investigation pourrait être profitable aux AE (Bohrer, Stegenga et Ferrier, 2007; French et Russell, 2002). Cette suggestion découle principalement du fait que les AE ne possèdent pas les compétences nécessaires pour faciliter efficacement les activités d'investigation, un problème qui est peut-être lié à l'insatisfaction générale envers l'enseignement fourni par les AE dans les laboratoires au premier cycle (Roehrig et coll., 2003).

2.4 Opinions des étudiants et étudiantes de premier cycle et des AE sur l'efficacité de l'enseignement des AE

On n'a pas beaucoup examiné dans quelle mesure les étudiants et étudiantes de premier cycle et les AE s'entendent sur ce qui constitue l'efficacité de l'enseignement des AE. Dans une étude, les auteurs ont constaté que lorsqu'on leur demandait quelles étaient les qualités importantes des « bons » AE, les étudiants et étudiantes de premier cycle et les AE fournissaient des réponses semblables (Herrington et Nakhleh, 2003). Dans une autre étude, les auteurs ont conclu que les étudiants et étudiantes de premier cycle et les chargés de cours (corps professoral) jugeaient relativement sévèrement les AE dans l'ensemble des disciplines universitaires (Rodrigues et Bond-Robinson, 2006).

Même si les AE comprennent suffisamment bien les documents de base, il est possible qu'ils ne possèdent pas la capacité nécessaire pour déterminer si leur enseignement est efficace ou non. Dans une récente étude (Kendall et Schussler, 2012), les étudiants et étudiantes de premier cycle ont précisé plusieurs domaines où les AE étaient moins efficaces que des professeurs chevronnés; l'hésitation, le manque

d'écoute et la confusion ont été soulignés comme trois attributs courants des AE. Renforcer l'auto-efficacité des AE est l'un des principaux objectifs de la plupart des programmes de formation des AE (Prieto et Altmaier, 1994). En outre, on a montré que le fait d'accroître la confiance des AE et leurs rapports avec les étudiants et étudiantes grâce à de la formation en groupe était un moyen efficace d'améliorer les résultats des AE en matière d'enseignement, tant du point de vue des étudiants et étudiantes de premier cycle que de celui des AE eux-mêmes (Prieto et Meyers, 1999; Tompkins et Dimiduck, 2011).

2.5 Description de l'essai

Afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle le fait d'offrir aux AE de la formation pédagogique s'appuyant sur les principes de l'apprentissage par investigation (API) améliore l'efficacité de l'enseignement des AE dans les activités axées sur l'investigation (travaux de laboratoire p. ex.), j'ai procédé à un essai contrôlé quasi randomisé de deux programmes de formation offerts à deux différents groupes composés d'AE assignés de façon quasi aléatoire. J'ai ensuite mesuré l'efficacité de l'enseignement (à l'aide des évaluations de l'enseignement effectuées par les étudiants et étudiantes de premier cycle, des notes obtenues dans le cours, et des autoévaluations des AE) pour déterminer l'efficacité relative du traitement API. Ce qui sous-tend cette approche, c'est l'idée qu'il pourrait être avantageux pour les AE de recevoir une description explicite des théories de l'apprentissage constructiviste sur lesquelles se fondent les activités d'investigation structurée. Naturellement, en théorie, tout programme de formation des AE peut être amélioré simplement en y incorporant plus de matière. Pour tenir compte de cela, j'ai comparé des programmes de formation des AE qui étaient : (1) de la même durée; (2) d'un format aussi semblable que possible à celui des programmes existants utilisés par les universités de l'Ontario. Un recensement informel des programmes de formation des AE offerts dans les universités de l'Ontario a permis d'établir que leur durée n'est pas standard dans la province. Les programmes de formation des AE offerts étaient de durée variable, allant de courtes séances d'orientation d'une heure à des séminaires intensifs d'une durée de 20 heures (Dawson, Dimitrov, Meadows et Olsen, 2013). Par conséquent, j'ai choisi le programme utilisé à l'Université Carleton, soit deux séminaires comportant en tout cinq heures de formation, car ce programme était d'une durée intermédiaire et permettait de multiples séances de formation.

J'ai choisi de procéder à un essai contrôlé quasi randomisé, car les essais contrôlés randomisés sont la façon la plus rigoureuse de déterminer si des différences existent entre deux traitements. L'essai a été « quasi randomisé », car les AE ont été assignés à un groupe de façon aléatoire seulement après que l'on a pris en compte leur programme d'études (afin que les deux programmes de formation comptent la même proportion d'étudiants et d'étudiantes au doctorat et à la maîtrise en sciences).

L'essai comprenait un groupe d'intervention (traitement API) et un groupe témoin (traitement habituel). Les deux groupes ont reçu chacun cinq heures de formation en deux séminaires de 2,5 heures. Dans les deux cas, le premier séminaire a porté sur les compétences en enseignement, et le second, sur les compétences en évaluation. En résumé (la description détaillée des deux groupes de formation est présentée plus loin), les AE qui ont suivi la formation sur l'API ont participé à un séminaire sur la façon d'utiliser l'enseignement fondé sur l'investigation dans les laboratoires de biologie et à un séminaire sur l'évaluation des résultats d'apprentissage dans le cadre de l'API. Les AE qui ont suivi le programme de formation témoin ont également participé à un séminaire sur l'enseignement et à un autre sur l'évaluation, mais ceux-ci étaient basés sur une liste de « meilleures pratiques » tirées de documents de formation des AE remis aux étudiants et étudiantes dans diverses universités nord-américaines. Pour les deux groupes : (1) uniquement cinq heures de formation ont été fournies (soit la durée de la plupart des programmes de formation des AE); (2) les séminaires de formation ont porté sur la même matière; (3) la formation a été donnée par le même formateur; (4) la formation a été fournie en suivant les mêmes méthodes d'enseignement. La seule différence entre les deux traitements était les fondements théoriques de la matière présentée; dans le groupe API, on a présenté aux AE la pédagogie de l'API comme méthode d'enseignement de la démarche

scientifique. Dans ce groupe, on a enseigné aux AE comment faciliter des activités d'investigation guidées et ouvertes grâce à des méthodes d'« échafaudage ». Dans le groupe témoin, on a donné aux AE la formation que les AE de laboratoire reçoivent habituellement : méthodes pratiques souvent utilisées pour orienter les nouveaux AE, généralement afin qu'ils puissent enseigner rapidement et efficacement la matière aux étudiants et étudiantes.

Contrairement à certains essais contrôlés randomisés, je n'ai pas inclus un groupe témoin négatif (c'est-à-dire un groupe n'ayant pas reçu le traitement API ni le traitement habituel), car inclure des AE non formés n'aurait pas été acceptable sur le plan éthique, ni pour les AE ni pour leurs étudiants et étudiantes de premier cycle.

3 Questions de recherche et prédictions

Voici la principale question de recherche de mon étude :

(1) Est-ce que le fait de fournir aux auxiliaires d'enseignement de la formation pédagogique concernant des méthodes fondées sur l'investigation améliore l'efficacité de leur enseignement dans les travaux de laboratoire de science au premier cycle (comparativement à la formation sur les « meilleures pratiques »)?

Pour cette question, j'ai défini l'amélioration de l'efficacité de l'enseignement en fonction de trois mesures : (1) meilleure capacité générale à enseigner; (2) meilleure capacité à enseigner les tâches de la démarche scientifique (c'est-à-dire meilleure aptitude à enseigner des capacités cognitives d'ordre supérieur); (3) notes plus élevées obtenues par les étudiants et étudiantes dans le cours. Toutes les comparaisons portent sur les AE qui ont suivi la formation pédagogique relative aux méthodes fondées sur l'investigation et sur les AE qui ont reçu la formation relative aux « meilleures pratiques ».

Chaque mesure est liée à un domaine distinct de l'enseignement aux étudiants et étudiantes de premier cycle. La capacité générale à enseigner est importante pour une raison simple – les compétences générales en enseignement sont indispensables pour que l'enseignant puisse transmettre tout type de contenu aux étudiants et étudiantes. Elle se compose de capacités cognitives et affectives, comme l'organisation et le rapport aux autres. Pour mesurer la démarche scientifique, j'ai évalué les capacités cognitives selon la version révisée de la taxonomie de l'apprentissage de Bloom (Krathwohl, 2002). Les capacités cognitives qui représentent dans quelle mesure les étudiants et étudiantes comprennent un principe sont importantes, car les capacités d'ordre supérieur indiquent une connaissance plus poussée de la matière et une plus grande capacité à poser des questions et à contextualiser les réponses. Par exemple, lorsque les étudiants et étudiantes mènent des expériences, les capacités cognitives d'ordre inférieur régissent leur compréhension de la connaissance scientifique – p. ex. comment réagirait un produit chimique particulier inconnu s'il constituait un composé hydrophobe – alors que les capacités cognitives d'ordre supérieur régissent leur capacité de poser des questions en suivant une méthode expérimentale – p. ex. choisir une expérience pour évaluer une caractéristique donnée (telle l'hydrophobie) d'un produit chimique inconnu. Même si les AE sont chargés d'enseigner des notions scientifiques aux étudiants et étudiantes de premier cycle, cela pourrait tout aussi bien avoir lieu dans une salle de cours; en se servant du laboratoire comme méthode d'enseignement, l'objectif est de développer les capacités cognitives d'ordre supérieur chez les étudiants et étudiantes de premier cycle. En outre, dans la mesure où les notes sont le mode d'évaluation établi pour les étudiants et étudiantes de premier cycle, il importe d'examiner si les programmes de formation des AE ont une incidence sur elles.

Par conséquent, la principale question de recherche a été divisée en trois questions de recherche, chacune visant à évaluer si la formation pédagogique des AE a une incidence sur leur capacité d'enseignement en fonction d'une mesure différente :

(1a) *Est-ce que le fait de fournir aux auxiliaires d'enseignement de la formation pédagogique concernant des méthodes fondées sur l'investigation améliore l'efficacité de leur enseignement dans les travaux de laboratoire de science au premier cycle (comparativement à la formation sur les « meilleures pratiques ») en ce qui concerne leur **capacité générale à enseigner**?*

(1b) *Est-ce que le fait de fournir aux auxiliaires d'enseignement de la formation pédagogique concernant des méthodes fondées sur l'investigation améliore l'efficacité de leur enseignement dans les travaux de laboratoire de science au premier cycle (comparativement à la formation sur les « meilleures pratiques ») en ce qui concerne la **démarche scientifique**?*

(1c) *Est-ce que le fait de fournir aux auxiliaires d'enseignement de la formation pédagogique concernant des méthodes fondées sur l'investigation améliore l'efficacité de leur enseignement dans les travaux de laboratoire de science au premier cycle (comparativement à la formation sur les « meilleures pratiques ») en ce qui concerne les **notes obtenues par les étudiants et étudiantes de premier cycle**?*

Étant donné que la formation pédagogique des AE fondée sur l'API est conçue pour inculquer l'objectif fondamental de l'enseignement en laboratoire (soit de favoriser l'apprentissage de la démarche scientifique), j'ai formulé l'hypothèse que les AE qui suivraient la formation pédagogique fondée sur l'API obtiendraient pour les trois mesures de l'efficacité de l'enseignement un score plus élevé que celui des AE recevant la formation standard (témoin). La formation pédagogique standard des AE constitue un élément important de l'acculturation induite par le modèle d'enseignement d'un département particulier, mais elle ne répond pas expressément aux besoins des AE de laboratoire en matière d'enseignement.

La présente étude a également examiné dans quelle mesure les autoévaluations des AE concordent avec les évaluations de l'enseignement effectuées par les étudiants et étudiantes de premier cycle. Deux des trois mesures de l'étude sont des questionnaires en ligne, et comme ils ont été administrés aux AE et aux étudiants et étudiantes de premier cycle, il est possible de comparer directement les résultats des deux groupes.

La question de recherche secondaire est la suivante :

(2) *Dans quelle mesure les autoévaluations des AE concernant l'efficacité de leur enseignement concordent-elles avec les évaluations de l'enseignement des AE effectuées par les étudiants et étudiantes de premier cycle, et est-ce que la formation pédagogique fondée sur l'investigation a une incidence sur la corrélation entre les deux?*

En me fondant sur les études antérieures comparant l'évaluation de l'efficacité de l'enseignement faite d'une part par les enseignants et enseignantes, et d'autre part par les étudiants et étudiantes, j'ai formulé l'hypothèse que l'avis des AE et celui des étudiants et étudiantes de premier cycle concernant l'efficacité de l'enseignement des AE seraient semblables (H.W. Marsh et Roche, 1994, 1997), et que si la formation pédagogique fondée sur l'investigation permet d'améliorer l'efficacité de l'enseignement des AE, cela serait noté tout aussi bien par les AE que par les étudiants et étudiantes de premier cycle.

4 Méthode

4.1 Plan expérimental

L'essai a été mené lors du trimestre d'automne 2012 dans le département de biologie de l'Université Carleton. Carleton est une université axée sur la recherche qui compte environ 27 000 étudiants et étudiantes inscrits à plus de 400 programmes d'études (pour l'année scolaire 2011-2012 – Université Carleton, 2013). Le département de biologie accueille 765 étudiants et étudiantes et offre 71 cours de premier cycle dans tous les domaines de la biologie; 17 sont de grands cours d'introduction (> 100 étudiants et étudiantes) de première et de deuxième années. Même si aucune donnée statistique n'a été publiée sur la taille de ces cours, approximativement 30,1 % des cours de première année et 24,9 % des cours de deuxième année comptaient plus de 100 étudiants et étudiantes pendant l'année scolaire 2011-2012, et cela est probablement aussi le cas pour les cours d'introduction en biologie.

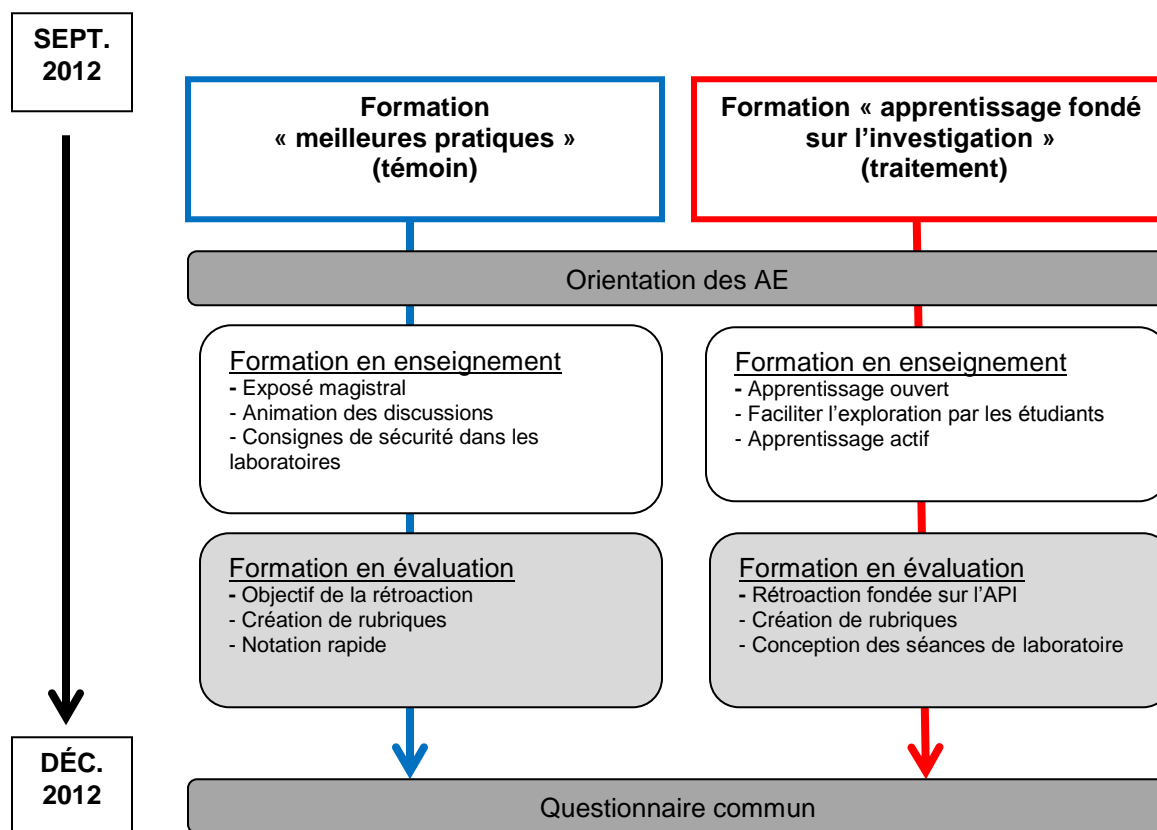
Le programme de biologie du premier cycle de l'Université Carleton ressemble aux programmes de sciences offerts au premier cycle dans toute université nord-américaine. Les étudiants et étudiantes inscrits à une majeure en biologie suivent divers cours d'introduction en première et deuxième années, habituellement au sein d'une grande cohorte. La plupart des cours d'introduction comportent des exposés et séances de laboratoire complémentaires, lesquels sont exigeants en main-d'œuvre et sont la principale source d'emploi pour les quelque 100 AE que compte le département. Les AE sont généralement des étudiants et étudiantes de 2^e ou 3^e cycle qui suivent un programme de recherche dans le département de biologie, même si parfois d'autres étudiants et étudiantes sont embauchés comme AE en biologie (p. ex. diplômés en chimie ou étudiants et étudiantes en quatrième année de biologie qui ont une MPC élevée). En règle générale, les AE reçoivent cinq heures de formation pédagogique par année scolaire et enseignent pendant 135 heures par trimestre dans le cours auquel ils sont affectés.

Dans le département de biologie de l'Université Carleton, la plupart des AE (~ 75 %) travaillent comme démonstrateurs de laboratoire. Sur ce nombre, environ 80 % sont affectés à des cours de première ou de deuxième année. Les AE relèvent soit d'un coordonnateur de laboratoire (membre du personnel à temps plein responsable de l'organisation des laboratoires au premier cycle), soit d'un AE principal. La majorité des AE sont chargés de diriger les travaux de laboratoire, d'enseigner les techniques de laboratoire aux étudiants et étudiantes, et de noter les travaux.

Pour cette étude, j'ai procédé à un essai contrôlé quasi randomisé afin de comparer le programme de formation des AE fondé sur l'API et le programme faisant appel aux « meilleures pratiques » (témoin) (figure 1). J'ai choisi ce plan, car c'est le type d'expérience comparative le plus solide, puisque la randomisation réduit le risque de biais systémique dans l'affectation des sujets au groupe de traitement.

Dans cet essai, l'affectation entre les deux programmes a été effectuée de façon aléatoire seulement après avoir pris en compte le programme d'études (afin que les deux programmes comptent la même proportion d'étudiants et d'étudiantes au doctorat et à la maîtrise en sciences), ce qui explique la mention « quasi randomisé » plutôt que complètement randomisé. Les étudiants et étudiantes ont été divisés en deux groupes et assignés de façon aléatoire aux deux niveaux de la variable expérimentale (programme de formation). L'assignation aléatoire stratifiée selon le programme d'études a été effectuée, car la faible proportion d'étudiants et d'étudiantes au doctorat aurait pu entraîner un déséquilibre.

Figure 1 : Diagramme du plan expérimental



4.2 Recrutement et approbation du comité d'éthique de la recherche

Les AE désireux de recevoir une formation pédagogique ont été invités à participer à l'essai en septembre 2012. Les participants éventuels étaient admissibles uniquement : (1) s'ils étaient employés par l'Université Carleton comme AE dans un cours d'introduction en biologie (cours de première ou de deuxième année sans préalables particuliers) comportant des séances de laboratoire; (2) s'ils étudiaient au 2^e ou 3^e cycle et étaient inscrits à un programme dans le département de biologie à l'Université Carleton; (3) s'ils acceptaient de suivre cinq heures de formation destinée aux AE dans un de deux groupes de traitement expérimental formés de façon aléatoire; (4) s'ils acceptaient de procéder à l'autoévaluation de l'efficacité de leur enseignement à la fin du programme de formation. Les heures passées par les AE dans les deux séances de formation de l'essai comptaient dans le calcul de leurs cinq heures de formation obligatoire. Cinquante-quatre AE se sont inscrits initialement, mais seulement 52 ont mené l'essai à bien. Les AE participants étaient des deux sexes, avaient un niveau d'expérience divers (y compris de nouveaux AE), et provenaient de différents sous-domaines des biosciences (biologie moléculaire, biologie de l'évolution, écologie, etc.).

Cette étude a été présentée au comité d'éthique de la recherche de l'Université Carleton en septembre 2012 et a été approuvée en octobre 2012. Le formulaire de consentement éclairé remis aux AE

qui ont répondu au questionnaire se trouve à l'annexe A, et le formulaire de consentement éclairé remis aux étudiants et étudiantes qui ont répondu au questionnaire se trouve à l'annexe B.

4.3 Participants et randomisation

4.3.1 AE participants à l'essai

En tout, l'essai a inclus 52 AE participants, dont 28 dans le groupe API, et 24 dans le groupe témoin (tableau 1). Soixante-trois AE ont offert de participer à l'essai, mais neuf n'avaient pas de séances d'enseignement en laboratoire et n'étaient donc pas admissibles. Deux AE du groupe témoin ont commencé le programme de formation, mais ne l'ont pas terminé; ils n'ont pas répondu au questionnaire en ligne et n'ont pas été inclus dans les résultats finaux de l'essai. La proportion d'AE au doctorat et à la maîtrise a été prise en compte avant l'assignation aléatoire à un groupe. La proportion de participants de sexe masculin et de sexe féminin ainsi que le nombre moyen d'années d'expérience des AE n'ont pas été pris en compte avant la randomisation, mais la composition de chacun des deux groupes a été finalement semblable (à 10 % près environ). Aucun enseignant qualifié n'a été inclus dans les groupes. Même si dans certaines disciplines, il est courant (particulièrement en éducation) que les AE possèdent des qualifications professionnelles qui leur permettent d'enseigner de la maternelle à la 12^e année, cela est rare dans les disciplines STIM.

Tableau 1 : Données démographiques sur les AE participants

	Groupe	
	Témoin	API
Nombre d'AE	24	28
Programme d'études	Ph.D.	11
		(37,5 %)
Sexe	M.Sc.	17
		(60,7 %)
Expérience moyenne des AE	Masculin	10
		(35,7 %)
AE étrangers	Féminin	18
		(64,2 %)
Enseignants qualifiés	1,21	1,02
	4	3
	(16,7 %)	(10,7 %)
	0	0
	(0,0 %)	(0,0 %)

Sur les 603 étudiants et étudiantes de premier cycle ayant offert de répondre au questionnaire en ligne, 167 satisfaisaient aux critères d'admissibilité (c'est-à-dire qu'ils étaient inscrits à une section de laboratoire d'un des AE participant à l'essai – tableau 2). De ce nombre, 87 répondants appartenaient à une section de laboratoire d'un AE du groupe témoin, et 80 à une section de laboratoire d'un AE du groupe API. Parmi les répondants appartenant à une section d'un AE du groupe API, une plus grande proportion était de sexe masculin et était inscrite à une majeure dans la faculté des sciences. Il n'y avait aucune autre différence statistiquement significative entre les répondants liés aux deux groupes de formation.

4.3.2 Étudiants et étudiantes de premier cycle ayant répondu au questionnaire

Tableau 2 : Données démographiques sur les répondants du premier cycle

	Groupe		
	Témoin	API	
Nombre	87	80	
Majeure	Science	77,0 %	87,8 %
	Autre	23,0 %	12,2 %
Sexe	Masculin	60,9 %	79,3 %
	Féminin	39,1 %	20,7 %
Nombre de cours de biologie suivis antérieurement	1,44	1,19	

4.4 Groupes de formation des AE

Afin d'éliminer les facteurs de confusion éventuels autres que le contenu du cours, je me suis efforcé de garder un niveau élevé de similarité entre les deux programmes de formation. Ils ont eu lieu des jours différents dans la même semaine, dans la même salle, ont été effectués en aveugle (les AE savaient qu'ils participaient à la séance « 2A », mais n'ont pas été informés des différences entre leur séance et la séance « 1A »), et ont été enseignés par moi. Le séminaire sur l'évaluation a eu lieu deux semaines après le séminaire sur l'enseignement.

Je me suis également efforcé de réduire au minimum le facteur de confusion éventuel de la méthode d'enseignement. J'ai ainsi eu recours à diverses méthodes, notamment à des techniques axées sur l'enseignant (p. ex. exposés magistraux) et à des techniques axées sur l'étudiant (p. ex. microenseignement évalué par les pairs et remue-méninges en petits groupes). Dans la mesure du possible, j'ai utilisé la même combinaison de techniques d'enseignement dans les deux groupes.

4.4.1 Groupe de formation sur l'apprentissage par investigation

Les AE du groupe de formation sur l'apprentissage par investigation (groupe API) ont reçu des notions sur la théorie de l'apprentissage constructiviste et ont été formés pour appliquer ces principes dans les laboratoires de biologie. Les principaux objectifs du séminaire d'enseignement destiné au groupe API étaient les suivants : (1) enseigner aux AE comment les pratiques fondées sur l'investigation permettent de montrer aux étudiants et étudiantes comment raisonner de façon indépendante et appliquer la méthode scientifique; (2) enseigner aux AE comment faciliter l'investigation structurée et l'apprentissage ouvert sous forme de travaux de laboratoire.

Le format du séminaire d'enseignement pour le groupe API a été le suivant :

Tableau 3 : Activités du séminaire d'enseignement destiné au groupe de formation sur l'apprentissage par investigation

Point	Durée	Activité	Résultat d'apprentissage visé	Méthode d'enseignement
1	30 min	Orientation générale des AE	- comprendre le rôle des AE	Exposé du formateur (PowerPoint)
2	15 min	Remue-méninges : Résultats d'apprentissage des travaux de laboratoire	- relever les éléments du succès de l'apprentissage en laboratoire	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
3	45 min	Introduction à l'apprentissage par investigation	- comprendre la version révisée de la taxonomie de l'apprentissage de Bloom - enseigner la démarche scientifique à l'aide de l'investigation - comprendre la facilitation comme méthode d'enseignement	Exposé du formateur (PowerPoint)
4	30 min	Mise en situation de facilitation – Exemples de scénarios en laboratoire	- comprendre comment appliquer les techniques de facilitation en situations d'enseignement	Ensemble du groupe
5	15 min	Diagnostic des activités d'apprentissage par investigation	- comment faire face aux problèmes imprévus dans les travaux de laboratoire fondés sur l'investigation	Exposé du formateur (PowerPoint)
6	15 min	Questions	- répondre aux questions non réglées	Séance de questions et réponses menée par les participants

Le séminaire sur l'évaluation destiné au groupe API comportait trois principaux objectifs : (1) enseigner aux AE l'importance d'une évaluation instructive et équitable; (2) expliquer comment la démarche scientifique est évaluée (par opposition à la façon dont les connaissances ou la compréhension de la matière sont évaluées); (3) s'exercer à concevoir des rubriques et à les appliquer à des tâches d'investigation.

Pour commencer ce séminaire de formation, le formateur a présenté un exposé en PowerPoint sur l'histoire et le but de l'évaluation. Il a mis l'accent sur l'utilité de la rétroaction dans le processus d'apprentissage. Une courte séance de remue-méninges a ensuite eu lieu afin de faire correspondre diverses méthodes de rétroaction aux différentes tâches d'apprentissage en laboratoire (p. ex. quelle rétroaction fournir pour les cladogrammes?). Cette séance visait à encourager les AE à réfléchir à l'objectif de chaque activité d'apprentissage et à la façon de faire face aux erreurs afin d'atteindre l'objectif d'apprentissage visé.

Le formateur a ensuite abordé les difficultés liées à l'évaluation des tâches de la démarche scientifique. Il a expliqué aux AE la différence entre le fait de se rappeler des connaissances et les capacités cognitives d'ordre supérieur (liées à la taxonomie de Bloom), ainsi que l'utilité des travaux de laboratoire pour transmettre les compétences liées à l'investigation aux étudiants et étudiantes de premier cycle. Le formateur a fourni des exemples d'échafaudage des activités d'apprentissage pour encourager les étudiants et étudiantes à poser des questions scientifiques et à y répondre et a décrit comment évaluer le niveau d'investigation dont font preuve les étudiants et étudiantes.

Les deux tâches suivantes ont été réunies en un seul exercice où les AE ont évalué, élaboré et appliqué des rubriques d'évaluation. L'élaboration d'une rubrique a été présentée sous forme de séance interactive de questions et réponses. Ensuite, le formateur a donné aux AE un travail de laboratoire tiré d'une vraie leçon d'introduction à la biologie ainsi que trois exemples de rapports de laboratoire liés à ce travail. Les AE ont collaboré pour créer une rubrique d'évaluation comportant 20 éléments (portant sur la connaissance de la matière et les compétences liées à la démarche scientifique), puis se sont séparés en groupes de deux pour l'appliquer aux exemples de rapports. Les évaluations ainsi effectuées ont été communiquées à l'ensemble du groupe, et le formateur a fait part de ses commentaires pour corriger les erreurs dans l'application de la rubrique. Cette activité d'élaboration d'une rubrique a surtout porté sur la reconnaissance des compétences liées à l'investigation et sur la façon dont la rétroaction devait être structurée pour faire ressortir les points susceptibles d'amélioration et de croissance dans les travaux des étudiants et étudiantes en ce qui concerne la démarche scientifique.

La dernière partie du séminaire sur l'évaluation a consisté en une séance de questions et de réponses où les AE ont pu régler leurs difficultés concernant l'élaboration et l'application de l'évaluation.

Le format du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe API a été le suivant :

Tableau 4 : Activités du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe de formation sur l'apprentissage par investigation

Point	Durée	Activité	Résultat d'apprentissage visé	Méthode d'enseignement
1	30 min	Histoire et but de l'évaluation	- comprendre le rôle de l'évaluation dans le processus d'apprentissage	Exposé du formateur (PowerPoint)
2	15 min	Remue-méninges : méthodes d'évaluation en laboratoire	- déterminer : (1) l'objectif de l'évaluation en laboratoire; (2) les critères garantissant les bonnes méthodes d'évaluation en laboratoire	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
3	30 min	Comment évaluer la démarche scientifique	- comprendre la distinction entre les capacités cognitives d'ordres inférieur et supérieur - savoir comment utiliser les outils d'évaluation pour la rétroaction sur l'acquisition de capacités cognitives	Exposé du formateur (PowerPoint)
4	15 min	Exemples de rubriques d'évaluation	- comment les rubriques sont interprétées	Séance de questions et réponses menée par les participants
5	45 min	Conception d'une rubrique en petits groupes	- comment les rubriques sont interprétées - comprendre les critères d'inclusion dans une rubrique - comprendre comment la rétroaction peut servir à évaluer différentes capacités cognitives	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
6	15 min	Questions	- répondre aux questions non réglées	Séance de questions et réponses menée par les participants

4.4.2 Groupe de formation témoin

Le groupe de formation des AE témoin visait à enseigner les « meilleures pratiques » aux AE afin qu'ils puissent enseigner plus efficacement et équitablement la matière aux étudiants et étudiantes de premier cycle dans leur section de laboratoire. La démarche scientifique n'a pas été abordée, et la formation a porté surtout sur l'enseignement de la matière plutôt que sur l'acquisition de compétences liées à l'investigation. Les « meilleures pratiques » ont été tirées de documents de formation existants provenant de centres d'enseignement et d'apprentissage universitaires ainsi que de la littérature sur la recherche en enseignement. Le programme de formation témoin incluait un séminaire sur les meilleures pratiques d'enseignement et un séminaire sur l'évaluation concernant la notation rapide et équitable des travaux et la rétroaction utile relativement aux devoirs.

Le séminaire d'enseignement destiné au groupe témoin avait les deux principaux objectifs suivants : (1) expliquer aux nouveaux AE leur rôle à titre d'enseignants de laboratoire; (2) fournir des stratégies qui facilitent l'enseignement efficace en laboratoire et la gestion des laboratoires. La séance d'orientation de ce séminaire était identique à celle du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe API, mais la deuxième partie a porté sur les meilleures pratiques plutôt que sur la façon d'enseigner la démarche scientifique. Ce groupe visait surtout l'enseignement de connaissances plutôt que les capacités cognitives d'ordre supérieur.

Comme dans le cas du groupe API, ce séminaire de formation a commencé par un exposé en PowerPoint visant à fournir une orientation générale aux AE. Ensuite, une courte séance de remue-méninges a eu lieu pour relever les principaux résultats d'apprentissage des travaux de laboratoire.

Ensuite, une liste de meilleures pratiques d'enseignement tirées de divers documents de formation des AE – articles de revues, dépliants, exposés en PowerPoint, sites Web (en majorité de centres d'enseignement et d'apprentissage dans des universités de recherche) a été présentée. Même si l'éventail de meilleures pratiques était relativement large, un grand nombre consistaient à donner aux AE des conseils sur la façon de faire un cours et de répondre aux questions des étudiants et étudiantes. Presque toutes visaient essentiellement à parfaire le message d'enseignement afin de transmettre efficacement des connaissances aux étudiants et étudiantes de premier cycle. Quelques-unes visaient à fournir des démonstrations utiles aux étudiants et étudiantes pendant les travaux de laboratoire.

Une activité de mini-microenseignement a ensuite eu lieu au cours de laquelle les AE « se sont enseigné » les uns aux autres des techniques qu'ils ne connaissaient pas en suivant les conseils qu'ils venaient tout juste de recevoir. Deux par deux, chaque AE a alternativement enseigné et fourni des commentaires à un autre. L'AE « enseignant » devait aussi clairement que possible apprendre à « l'étudiant » comment procéder, et ce dernier formulait ensuite ses commentaires. Cette activité a été répétée trois fois par chaque AE. L'ensemble du groupe a ensuite discuté des meilleures pratiques qui étaient le plus utiles aux AE.

La dernière partie de ce séminaire d'enseignement a consisté en une séance de questions et réponses où les AE ont pu poser des questions sur les meilleures pratiques d'enseignement. Le format du séminaire d'enseignement pour le groupe témoin a été le suivant :

Tableau 5 : Activités du séminaire d'enseignement destiné au groupe témoin

Point	Durée	Activité	Résultat d'apprentissage visé	Méthode d'enseignement
1	30 min	Orientation générale des AE	- comprendre le rôle des AE	Exposé du formateur (PowerPoint)
2	15 min	Remue-méninges : Résultats d'apprentissage des travaux de laboratoire	- relever les éléments du succès de l'apprentissage en laboratoire	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
3	45 min	Meilleures pratiques de l'enseignement en laboratoire	- comprendre des méthodes fondées sur des preuves pour un enseignement efficace - comprendre des compétences en enseignement, des styles d'apprentissage et des résultats d'apprentissage particuliers	Exposé du formateur (PowerPoint)
4	30 min	Activité de mini-microenseignement – Exemples de scénarios en laboratoire	- savoir comment appliquer les meilleures pratiques d'enseignement en laboratoire	Microenseignement, ensemble du groupe
5	15 min	Diagnostic des activités d'apprentissage par investigation	- comment faire face aux problèmes imprévus dans les travaux de laboratoire	Exposé du formateur (PowerPoint)
6	15 min	Questions	- répondre aux questions non réglées	Séance de questions et réponses menée par les participants

Le séminaire sur l'évaluation destiné au groupe témoin comportait deux principaux objectifs : (1) enseigner aux AE l'importance d'une évaluation instructive et équitable; (2) relever des stratégies facilitant la notation rapide, efficace et équitable des travaux des étudiants et étudiantes. La première partie de ce séminaire a été identique à celle du séminaire sur l'évaluation du groupe API, mais la deuxième partie a été différente. La formation pour ce groupe portait sur la façon d'évaluer les connaissances enseignées plutôt que sur les capacités cognitives d'ordre supérieur.

Le format du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe témoin a été le suivant :

Tableau 6 : Activités du séminaire sur l'évaluation destiné au groupe témoin

Point	Durée	Activité	Résultat d'apprentissage visé	Méthode d'enseignement
1	30 min	Histoire et but de l'évaluation	- comprendre of le rôle de l'évaluation dans le processus d'apprentissage	Exposé (PowerPoint)
2	15 min	Remue-méninges : méthodes d'évaluation en laboratoire	- AE déterminent l'objectif de l'évaluation en laboratoire; critères garantissant les bonnes méthodes d'évaluation en laboratoire	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
3	30 min	Meilleures pratiques de notation	- comprendre les méthodes fondées sur des preuves pour la notation efficace - comprendre les exigences de notation particulières s'appliquant aux travaux et rapports de laboratoire	Exposé du formateur (PowerPoint)
4	45 min	Conception d'une rubrique en petits groupes	- comment les rubriques sont interprétées - comprendre les critères d'inclusion dans une rubrique - comprendre comment la rétroaction diffère en laboratoire par rapport aux rapports de laboratoire	Petits groupes menés par les participants, réponses communiquées à l'ensemble du groupe et discutées
5	15 min	Comment noter équitablement et rapidement	- comment assurer l'uniformité dans la notation - comment fournir rapidement des commentaires	Exposé de l'enseignant (PowerPoint)
6	15 min	Questions	- répondre aux questions non réglées	Séance de questions et réponses menée par les participants

Ce séminaire de formation a commencé par un exposé en PowerPoint présenté par le formateur sur l'histoire et le but de l'évaluation, comme pour le séminaire sur l'évaluation destiné au groupe API. Cela a été à nouveau suivi d'une courte séance de remue-méninges visant à faire correspondre diverses méthodes de rétroaction aux différentes tâches d'apprentissage en laboratoire.

Ensuite, une liste de meilleures pratiques d'enseignement tirées de divers documents de formation des AE – articles de revues, dépliants, exposés en PowerPoint, sites Web (ici encore provenant en majorité de centres d'enseignement et d'apprentissage dans des universités de recherche) a été présentée. La plupart des conseils visaient à enseigner aux AE à noter les travaux équitablement et rapidement (p. ex., plutôt que de noter un travail, puis de passer à un autre, noter la question 1 de tous les travaux, puis passer à la question 2, etc.). En général, il y avait peu de recommandations concernant la rétroaction. Un grand nombre de meilleures pratiques préconisaient l'emploi d'un code pour accélérer la rétroaction et la rendre plus claire.

Ensuite, un exercice d'élaboration et d'application d'une rubrique a eu lieu, de façon semblable à l'exercice effectué dans le séminaire sur l'évaluation destiné groupe API. Cependant, plutôt que de créer une rubrique

visant la démarche scientifique, les AE ont dû élaborer une rubrique portant sur la connaissance de la matière. Par groupes de deux, les AE ont appliqué leur rubrique, puis ils ont discuté des résultats avec l'ensemble du groupe comme cela a été fait dans le groupe API.

Enfin, la dernière partie du séminaire sur l'évaluation a également consisté en une séance de questions et réponses où les AE ont pu poser des questions sur les meilleures pratiques en matière d'évaluation et déterminer quand la matière avait été bien apprise.

4.5 Mesures

Afin d'évaluer l'efficacité de l'enseignement des AE, j'ai choisi d'utiliser des inventaires validés comprenant des questions à choix multiples en raison de leur fiabilité, de leur uniformité et de la facilité de la collecte de données. Les questions démographiques et les identificateurs des sections de laboratoire ont été combinés à l'inventaire d'évaluation de la qualité de l'enseignement par les étudiants (Student Evaluation of Educational Quality ou SEEQ), à un questionnaire d'évaluation de l'apprentissage cognitif (QEAC) élaboré pour cette étude, et à un rapport personnel sur les notes pour former un seul questionnaire. À mon avis, les avantages offerts par la collecte de données en ligne, notamment la possibilité de codage automatique des données et la diffusion à grande échelle, l'ont emporté sur le principal désavantage, soit un faible taux de réponse.

J'ai aussi choisi d'évaluer les notes obtenues par les étudiants et étudiantes de premier cycle, car les notes constituent la mesure officielle de l'apprentissage qui est généralement la mieux comprise et la plus utilisée pour évaluer le rendement de l'effectif étudiant dans un cours. J'ai ajusté les notes afin de les normaliser et de déterminer la note moyenne du cours. Dans les sections qui suivent, j'explique plus en détail le SEEQ, le QEAC et les mesures des notes que j'ai utilisées dans cet essai.

4.5.1 SEEQ : capacité générale à enseigner

Le SEEQ est un questionnaire validé comprenant neuf dimensions et 32 items qui sert habituellement à évaluer les chargés de cours dans les universités nord-américaines. Le SEEQ original (Marsh, 1982) a été élaboré afin de résoudre la capacité à enseigner en de multiples dimensions. Le SEEQ permet de mesurer neuf dimensions : (1) valeur de l'apprentissage/des études; (2) enthousiasme de l'enseignant; (3) organisation; (4) interaction avec le groupe; (5) rapport individuel; (6) étendue de la matière présentée; (7) examens et notation; (8) devoirs; (9) capacité globale à enseigner (tableau 7).

J'ai utilisé les huit premières dimensions du SEEQ original de Marsh pour créer deux questionnaires SEEQ : l'un pour les AE et l'autre pour les étudiants et étudiantes de premier cycle. J'ai modifié la version originale (1982) de la dimension 9. Dans sa version originale du SEEQ, Marsh n'a pas utilisé la « capacité globale à enseigner » comme neuvième dimension, mais plutôt la « difficulté du cours » (Marsh, 1982; Marsh et Bailey, 1993). Étant donné qu'habituellement ce sont les chargés de cours qui sélectionnent la matière du cours et les documents d'évaluation, les AE ne sont généralement pas responsables de la « difficulté » d'un cours. Par conséquent, j'ai choisi d'utiliser la version du SEEQ élaborée par l'Université de la Saskatchewan, dont la neuvième dimension est la « capacité globale à enseigner ». Après ces modifications, j'ai créé deux questionnaires SEEQ : l'un destiné à l'autoévaluation des AE, et l'autre destiné aux étudiants et étudiantes de premier cycle afin qu'ils évaluent leur AE de laboratoire. Ces questionnaires évaluaient les mêmes éléments. Ils différaient uniquement dans la formulation utilisée (p. ex. les items dans le questionnaire d'autoévaluation des AE indiquent « Évaluez votre capacité à enseigner » alors que les mêmes items dans le questionnaire destiné aux étudiants et étudiantes indiquent « Évaluez la capacité à enseigner de votre AE »).

Les dimensions du SEEQ ont été évaluées sur une échelle de Likert en cinq points (« fortement en désaccord » = 1; « en désaccord » = 2; « neutre » = 3; « en accord » = 4; « fortement en accord » = 5). Chaque dimension compte au plus quatre items, tous formulés de façon positive. Le score moyen pour ces items représentait l'évaluation pour la dimension. Les répondants pouvaient répondre « Refuse de répondre/Ne s'applique pas/Ne sais pas » pour tout item, auquel cas une valeur nulle a été attribuée et l'item exclu de toute analyse ultérieure.

Tableau 7 : Dimensions du SEEQ : Mesures de l'efficacité globale à enseigner

Dimension du SEEQ	Items	Description	Exemple
(1) Valeur de l'apprentissage/des études	4	Fait référence au sentiment d'accomplissement et de réussite scolaire que les étudiants retirent de leur participation à un cours. Un score élevé indique que l'enseignant réussit à bien communiquer des renseignements utiles aux étudiants et à les aider à considérer ce qu'ils ont appris en vaut la peine et est stimulant.	« Grâce à mon AE, j'ai appris et compris la matière dans ce cours. »
(2) Enthousiasme de l'enseignant	4	Fait référence à la capacité de l'enseignant de susciter chez les étudiants l'attention et l'intérêt pour la matière. Un score élevé indique que l'enseignant sait capter l'attention grâce à une présentation dynamique et éveiller l'intérêt pour la matière.	« Mon AE a donné le cours avec énergie et dynamisme. »
(3) Organisation	4	Fait référence à la structure et à la transparence de l'explication de la matière par l'enseignant. Un score élevé indique que l'enseignant communique l'information clairement et avec précision, d'une façon qui est facile aux étudiants de comprendre.	« Les explications de l'AE étaient claires. »
(4) Interaction avec le groupe	4	Fait référence à la capacité de favoriser dans la classe des interactions sociales utiles sur le plan scolaire. Un score élevé indique que l'enseignant encourage le travail de groupe de façon positive et pousse les étudiants à échanger efficacement des connaissances.	« Les étudiants et étudiantes ont été invités à exprimer leurs propres idées ou à interroger l'AE. »
(5) Rapport individuel	4	Fait référence à la capacité d'établir des rapports personnels avec les apprenants individuels et de fournir de l'aide et des encouragements importants sur le plan scolaire. Un score élevé indique que l'enseignant est capable d'établir sur le plan personnel des rapports avec les étudiants et de fournir des conseils utiles.	« Mon AE s'est vraiment intéressé aux étudiants individuellement. »
(6) Étendue de la matière présentée	4	Fait référence à la capacité d'expliquer et de comparer des idées, théories et techniques différentes d'une façon qui fait ressortir les points essentiels. Un score élevé indique que l'enseignant est capable de transmettre efficacement les connaissances aux étudiants en opposant des idées particulières.	« Mon AE a mis en opposition les implications de diverses théories. »
(7) Examens et notation	3	Fait référence à la capacité de fournir une rétroaction évaluative équitable et utile. Un score élevé indique que l'enseignant évalue équitablement les travaux des étudiants et fournit des corrections utiles aux étudiants.	« Les commentaires de mon AE sur les examens et les travaux notés ont été utiles. »
(8) Devoirs	2	Fait référence à la capacité de créer ou d'utiliser des devoirs pour transmettre la matière aux étudiants. Un score élevé indique que l'enseignant est capable de concevoir ou de mettre en place des devoirs d'une façon qui permet d'enseigner la nouvelle matière ou de corriger les erreurs.	« Les lectures, textes, références suggérés par mon AE ont été utiles. »
(9) Capacité globale à enseigner	2	Évaluation générale de l'efficacité de l'enseignement.	« Dans l'ensemble, mon AE a été un bon enseignant. »

4.5.2 QEAC : Démarche scientifique

Le questionnaire d'évaluation de l'apprentissage cognitif (QEAC) est un court questionnaire de six items qui a servi à évaluer les résultats d'apprentissage individuels. J'ai créé six items basés directement sur la version révisée de la taxonomie de Bloom (Krathwohl, 2002) afin d'évaluer la profondeur des résultats d'apprentissage des étudiants et étudiantes. J'ai formulé les questions comme celles du SEEQ : les répondants devaient indiquer directement si l'AE avait fourni un enseignement adéquat en fonction des six capacités cognitives du domaine cognitif de Bloom et ont pu lire des exemples concrets de chaque capacité. Les six capacités du domaine cognitif sont, par ordre croissant de l'approfondissement de l'apprentissage, les suivantes : (1) connaissance; (2) compréhension; (3) résolution de problème; (4) analyse conceptuelle; (5) planification; (6) évaluation (tableau 8).

Comme dans le cas du SEEQ, les items du QEAC ont été évalués sur une échelle de Likert en cinq points (« fortement en désaccord » = 1; « en désaccord » = 2; « neutre » = 3; « en accord » = 4; « fortement en accord » = 5). Les répondants pouvaient répondre « Refuse de répondre/Ne s'applique pas/Ne sais pas » pour tout item, auquel cas une valeur nulle a été attribuée et l'item exclu de toute analyse ultérieure.

Tableau 8 : Items du QEAC : capacités d'apprentissage cognitives et exemples

Capacité dans le QEAC	Exemple abstrait	Exemple concret	Item
(1) Connaissance	Se rappeler l'information	Apprendre les poids moléculaires exacts à partir du tableau périodique	« Mon AE m'a aidé à acquérir des connaissances. »
(2) Compréhension	Comparer ou opposer deux idées	Apprendre à reformuler sous forme d'équations un problème présenté sous forme d'énoncé	« Mon AE m'a aidé à acquérir des aptitudes à la compréhension. »
(3) Application/ résolution de problème	Appliquer des connaissances pour trouver une solution à un problème particulier	Apprendre à sélectionner le test statistique qui convient à une analyse	« Mon AE m'a aidé à acquérir des aptitudes à la résolution de problème. »
(4) Analyse conceptuelle	Déterminer les causes et établir les relations	Apprendre à diagnostiquer les problèmes dans un protocole de laboratoire	« Mon AE m'a aidé à acquérir des aptitudes à la planification. »
(5) Planification et synthèse	Créer une stratégie en utilisant des idées d'une nouvelle manière	Apprendre à concevoir un nouveau protocole de laboratoire à l'aide de principes de base	« Mon AE m'a aidé à acquérir des aptitudes à la planification. »
(6) Évaluation	Utiliser le raisonnement critique pour se faire une opinion concernant des idées	Apprendre à déterminer la méthode théorique convenant le mieux à la conception d'une série d'expériences	« Mon AE m'a aidé à acquérir des aptitudes à l'évaluation. »

4.5.3 Notes dans les cours de premier cycle

Les étudiants et étudiantes de premier cycle ont indiqué la note finale qu'ils avaient obtenue dans leur cours. Cette note finale visait les deux volets du cours – laboratoire et exposé magistral – même si les AE ont noté uniquement les travaux de laboratoire. Le cadre de notation différait parmi les cours, le volet laboratoire représentant de 25 % à 50 % de la note finale. Les examens finaux, qui étaient complètement distincts du volet laboratoire, constituaient l'autre élément le plus important de la note, soit de 30 % à 75 % de cette note. Les examens étaient généralement composés de questions à choix multiples, notées objectivement (p. ex. avec Scantron). La nature objective de la note finale devait permettre d'atténuer la

probabilité que les normes de notation des AE soient différentes entre les groupes de formation (en raison de l'effet Hawthorne¹). Il aurait été préférable d'obtenir la note correspondant uniquement aux travaux de laboratoire, mais cela n'a pas été possible, car les étudiants et étudiantes ne la connaissaient pas avant de recevoir leur note finale. Les notes ont été fournies par les étudiants et étudiantes, car les données de l'établissement n'étaient pas accessibles.

Les notes finales déclarées se situaient sur l'échelle MPC (moyenne pondérée cumulative) en 12 points utilisée par l'Université Carleton. Sur cette échelle, les travaux des étudiants et étudiantes sont notés par rang-centile (0-100 %), lequel est ensuite lié à la lettre et à la MPC correspondantes (tableau 9).

Tableau 9 : Note et échelle MPC de l'Université Carleton

Pourcentage	Note alphabétique	MPC
90-100	A+	12
85-89,9	A	11
80-84,9	A-	10
77-79,9	B+	9
73-76,9	B	8
70-72,9	B-	7
67-69,9	C+	6
63-66,9	C	5
60-62,9	C-	4
57-59,9	D+	3
53-56,9	D	2
50-52,9	D-	1
0-49	F	0

Pour chaque cours, j'ai recueilli la moyenne (MPC moyenne) auprès du professeur, et j'ai ensuite normalisé les notes en soustrayant la MPC moyenne pour un cours (moyenne des notes déclarées par les étudiants et étudiantes d'un cours) de la MPC individuelle de chaque AE (MPC moyenne individuelle pour le groupe de laboratoire de chaque AE). Les notes normalisées allaient de 3,7 à -3,1 et représentaient dans quelle mesure la note moyenne du groupe de laboratoire d'un AE était supérieure (valeur positive) ou inférieure (valeur négative) à la note moyenne (MPC) de tout groupe dans ce cours. J'ai utilisé des notes normalisées plutôt que des notes brutes afin de tenir compte de la variation entre les cours, professeurs et travaux de laboratoire.

4.6 Analyses statistiques

J'ai utilisé diverses méthodes statistiques, car les divers instruments ont produit différentes sortes de données. Une partie importante des données brutes a nécessité un traitement ou un recodage postérieur à la collecte (p. ex. codage des réponses sur l'échelle de Likert allant de 1 à 5) avant l'analyse statistique.

¹ L'effet Hawthorne est une forme de biais statistique qui survient dans les expériences comportant une intervention et où l'opinion des participants quant à l'efficacité d'une intervention influe sur leur comportement, et donc sur l'efficacité observée de l'intervention.

Pour procéder à des analyses statistiques individuelles, j'ai séparé pour le SEEQ et le QEAC les autoévaluations faites par les AE et les évaluations effectuées par les étudiants et étudiantes. Étant donné que le SEEQ et le QEAC comportaient de multiples dimensions et capacités (éventuellement liés entre eux), j'ai choisi de procéder à une analyse multivariable de chacun afin de tenir compte de la possibilité que les dimensions ou capacités mesuraient des éléments semblables (ou corrélés).

En ce qui concerne le SEEQ, j'ai réuni les données brutes selon les neuf dimensions en établissant la valeur moyenne des réponses sur l'échelle de Likert pour tous les items (p. ex. pour une dimension comprenant trois items, j'ai établi la valeur moyenne des réponses pour ces items et l'ai utilisée comme score total pour cette dimension relativement à un répondant donné), puis je les ai soumises à l'analyse statistique. La moyenne pour chacune des neuf dimensions a fait l'objet d'une analyse factorielle multivariable de la covariance (MANCOVA), où j'ai inclus le traitement expérimental (API ou groupe témoin) et le programme d'études (maîtrise ou doctorat) comme variables indépendantes, ainsi que l'expérience antérieure des AE (en mois) à titre de covariable. Lorsque le traitement expérimental était un prédicteur significatif de la réponse multivariée, j'ai procédé à une analyse de la covariance (ANCOVA) pour examiner la signification éventuelle du groupe de formation sur chaque dimension du SEEQ. J'ai utilisé le test HSD de Tukey pour résoudre les sous-ensembles homogènes. J'ai répété l'analyse MANCOVA sans la covariable (soit une analyse multivariable de la variance ou MANOVA), et aucune des valeurs de signification (au niveau de signification ,05) n'a changé. J'en ai donc conclu que le niveau de signification de l'effet multivarié ne dépendait pas de son inclusion. Dans le présent document, les résultats de l'analyse MANCOVA sont fournis pour plus de précision.

En ce qui concerne le QEAC, j'ai procédé à une analyse semblable. Il n'a pas été nécessaire que je traite les données brutes, car chaque capacité dans le QEAC ne comportait qu'un seul item. Comme pour les données du SEEQ, j'ai effectué l'analyse factorielle MANCOVA des données du QEAC, où j'ai inclus le traitement expérimental (API ou groupe témoin) et le programme d'études (maîtrise or doctorat) comme variables indépendantes, ainsi que l'expérience antérieure des AE (en mois) à titre de covariable. Lorsque le traitement expérimental était un prédicteur significatif de la réponse multivariée, j'ai procédé à une analyse ANCOVA unique pour examiner la signification éventuelle du groupe de formation sur chaque capacité du QEAC. J'ai de nouveau utilisé le test HSD de Tukey pour résoudre les sous-ensembles homogènes. J'ai répété aussi l'analyse MANCOVA sans la covariable et aucune des valeurs de signification (au niveau de signification ,05) n'a changé. J'en ai donc conclu que le niveau de signification de l'effet multivarié ne dépendait pas de son inclusion. Enfin, je présente également ici les résultats de l'analyse MANCOVA pour plus de précision.

Pour analyser les données sur les notes, j'ai procédé à une analyse ANCOVA à deux facteurs pour examiner les notes normalisées et j'ai inclus encore une fois le traitement expérimental (API ou groupe témoin) et le programme d'études (maîtrise or doctorat) des AE comme variables indépendantes, et l'expérience des AE (en années) à titre de covariable. J'ai répété l'analyse sans la covariable (ANOVA), et les résultats globaux étaient compatibles avec ceux de l'analyse ANCOVA. Par conséquent, je présente ici uniquement les résultats de l'analyse ANCOVA.

Pour toutes les analyses où j'ai refait un test de signification, j'ai contrôlé l'erreur de type I à l'aide d'une valeur alpha à laquelle j'ai appliqué la correction de Bonferroni (comme le SEEQ comporte neuf dimensions, j'ai utilisé $\alpha = ,0056$). Mon estimation de l'ampleur de l'effet est indiquée à l'aide du coefficient η^2 partiel. Pour chaque dimension du SEEQ et chaque capacité du QEAC, j'ai utilisé le coefficient r de Pearson pour illustrer le degré de dépendance linéaire.

5 Résultats

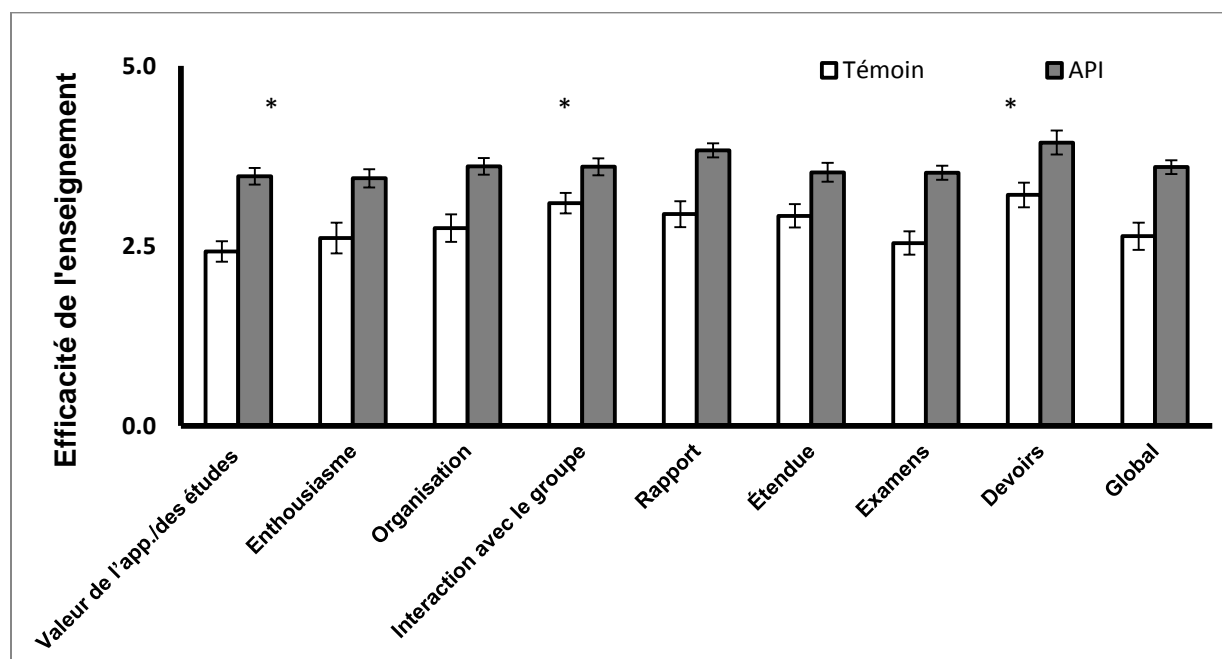
5.1 Capacité globale à enseigner

5.1.1 Autoévaluation des AE

Selon l'analyse MANCOVA des données du SEEQ provenant de l'autoévaluation des AE, il y avait un important effet multivarié significatif du groupe de formation (*trace de Pillai* = 0,38, $F(9,39) = 1,68$, $p = ,017$, η^2 partiel = 0,38, puissance observée = ,89). Les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé dans les dimensions du SEEQ que les AE du groupe témoin. Il n'y avait pas d'effet significatif du programme d'études des AE (*trace de Pillai* = 0,15, $F(9,39) = 0,74$, $p = ,67$, η^2 partiel = 0,15, puissance observée = ,31), de l'expérience des AE (*trace de Pillai* = 0,22, $F(9,39) = 1,22$, $p = ,31$, η^2 partiel = 0,22, puissance observée = ,51) ou de l'interaction entre le groupe de formation et le programme d'études des AE (*trace de Pillai* = 0,22, $F(9,39) = 1,19$, $p = ,33$, η^2 partiel = 0,22, puissance observée = ,50). Lorsque la covariable a été omise et que l'analyse a été répétée sous forme de MANOVA, aucune différence dans le niveau de signification d'un effet multivarié ou univarié n'a été observée.

Les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé que les AE du groupe témoin dans trois dimensions particulières du SEEQ : valeur de l'apprentissage/des études (dimension 1) $F(1,47) = 11,86$, $p < ,001$, $r = ,45$; interaction avec le groupe (dimension 4) $F(1,47) = 11,86$, $p < ,001$, $r = ,48$; capacité globale à enseigner (dimension 9) $F(1,47) = 15,34$, $p < ,0005$, $r = ,50$ (figure 2). Cette analyse a été effectuée à l'aide d'une valeur alpha corrigée selon la méthode de Bonferroni de 0,0056.

Figure 2 : Efficacité moyenne de l'enseignement selon l'autoévaluation des AE pour les dimensions du SEEQ (en fonction du groupe de formation des AE)



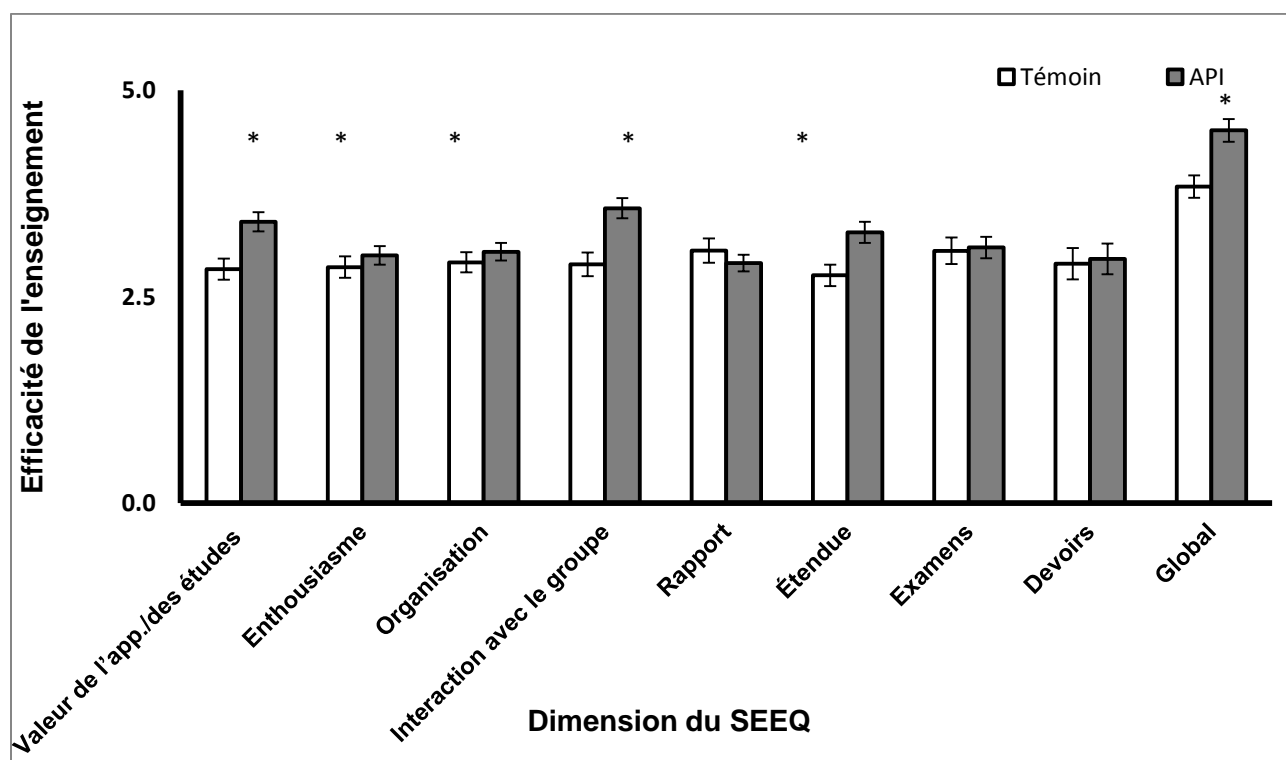
N.B. L'étoile indique une différence statistiquement significative (alpha corrigé selon la méthode de Bonferroni = 0,0056).

5.1.2 Évaluation par les étudiants et étudiantes de premier cycle

Selon l'analyse MANCOVA des données du SEEQ provenant des évaluations des AE faites par les étudiants et étudiantes de premier cycle, il y avait un important effet multivarié significatif du groupe de formation (*trace de Pillai* = ,51, $F(9,34) = 3,93$, $p = ,002$, η^2 partiel = 0,51, puissance observée = ,98). Les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé que les AE du groupe témoin. Il n'y avait pas d'effet significatif du programme d'études des AE (*trace de Pillai* = ,16, $F(9,34) = 0,70$, $p = ,71$, η^2 partiel = 0,16, puissance observée = ,28) ou de l'expérience des AE (*trace de Pillai* = ,18, $F(9,34) = 0,81$, $p = ,61$, η^2 partiel = 0,18). Il n'y avait pas d'interaction significative entre le groupe de formation et le programme d'études (*trace de Pillai* = ,29, $F(9,34) = 1,57$, $p = ,16$, η^2 partiel = 0,29, puissance observée = ,63). Lorsque la covariable a été omise et que l'analyse a été répétée sous forme de MANOVA, aucune différence dans le niveau de signification d'un effet multivarié ou univarié n'a été observée.

Les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé que les AE du groupe témoin dans six dimensions particulières du SEEQ : valeur de l'apprentissage/des études (dimension 1) $F(1,42) = 26,47$, $p < ,0005$, η^2 partiel = ,39; enthousiasme (dimension 2) $F(1,42) = 10,30$, $p < ,003$, η^2 partiel = ,20; organisation (dimension 3) $F(1,42) = 12,09$, $p < ,001$, η^2 partiel = ,22; rapport (dimension 5) $F(1,42) = 14,47$, $p < ,0005$, η^2 partiel = ,26; devoirs (dimension 7) $F(1,42) = 25,79$, $p < ,0005$, η^2 partiel = ,38; capacité globale à enseigner (dimension 9) $F(1,42) = 18,64$, $p < ,0005$, η^2 partiel = ,31 (figure 3). L'analyse univariée a été effectuée à l'aide d'une valeur alpha corrigée selon la méthode de Bonferroni de 0,0056.

Figure 3 : Évaluation moyenne de l'efficacité de l'enseignement des AE par les étudiants et étudiantes de premier cycle pour les dimensions du SEEQ (en fonction du groupe de formation des AE)



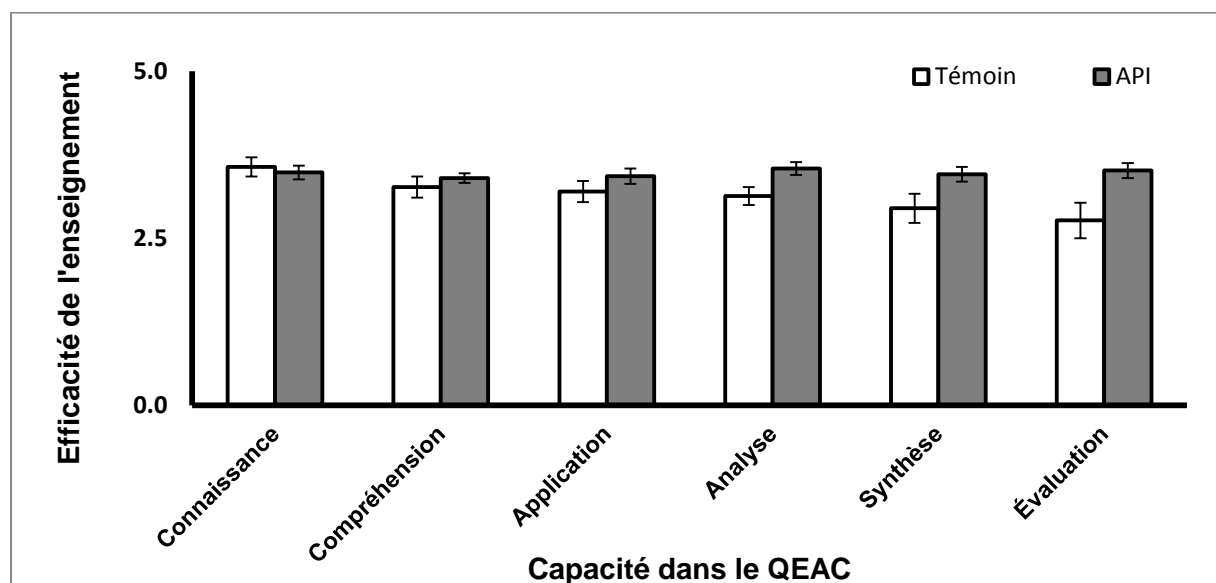
N.B. L'étoile indique une différence statistiquement significative (alpha corrigé selon la méthode de Bonferroni = 0,0056).

5.2 Démarche scientifique

5.2.1 Autoévaluation des AE

Selon l'analyse MANCOVA des données du QEAC provenant de l'autoévaluation des AE, il n'y avait pas d'important effet multivarié significatif du groupe de formation (*trace de Pillai* = 0,19, $F(6,42) = 1,68$, $p = ,15$, η^2 partiel = 0,19, puissance observée = ,57), c'est-à-dire qu'il n'y avait pas de différence significative dans l'efficacité de l'enseignement autoévaluée (en fonction des capacités du QEAC) entre le groupe API et le groupe témoin. En outre, il n'y avait pas d'effet significatif de l'expérience des AE (*trace de Pillai* = 0,14, $F(6,42) = 1,14$, $p = ,36$, η^2 partiel = 0,14, puissance observée = ,40), le programme d'études des AE (*trace de Pillai* = 0,10, $F(6,42) = 0,79$, $p = ,58$, η^2 partiel = 0,10, puissance observée = ,28) ni de l'interaction entre le groupe de formation et le programme d'études (*trace de Pillai* = 0,09, $F(6,42) = 0,69$, $p = ,66$, η^2 partiel = 0,09, puissance observée = ,24). Étant donné ces résultats, un test univarié n'a pas été effectué sur le groupe de formation. Lorsque la covariable a été omise et que l'analyse a été répétée sous forme de MANOVA, aucune différence dans le niveau de signification d'un effet multivarié n'a été observée.

Figure 4 : Efficacité moyenne de l'enseignement selon l'autoévaluation des AE pour le QEAC (en fonction du groupe de formation des AE)



N.B. L'étoile indique une différence statistiquement significative (alpha corrigé selon la méthode de Bonferroni = 0,0083).

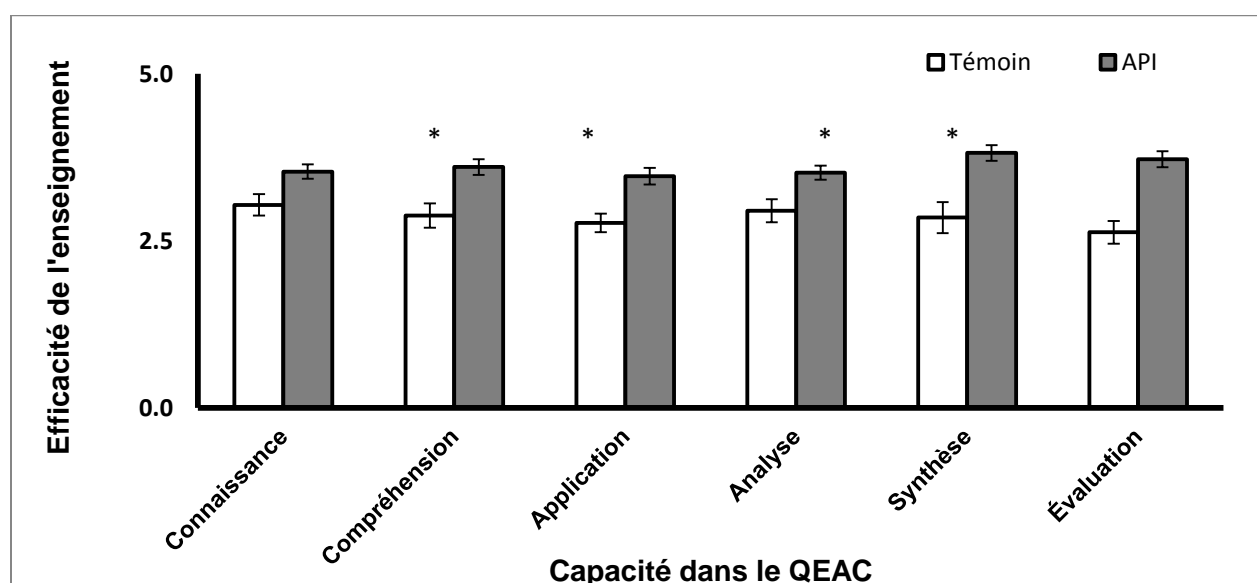
5.2.2 Évaluation par les étudiants et étudiantes de premier cycle

Selon l'analyse MANCOVA des données du QEAC provenant des évaluations des AE faites par les étudiants et étudiantes de premier cycle, il y avait un important effet multivarié significatif du groupe de formation dans les réponses des étudiants et étudiantes au QEAC (*trace de Pillai* = 0,41, $F(6,40) = 4,71$, $p < ,001$, η^2 partiel = 0,41, puissance observée = ,98). Pour toutes les capacités du QEAC, les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé que les AE du groupe témoin. Il n'y avait pas d'effet significatif de l'expérience des AE (*trace de Pillai* = 0,08, $F(6,40) = 0,60$, $p = ,73$, η^2 partiel = 0,08, puissance observée = ,21). En outre, il n'y avait pas d'effet significatif du programme d'études des AE (*trace de Pillai* = 0,03, $F(6,40) = 0,17$, $p = ,98$, η^2 partiel = 0,03, puissance observée = ,09) ni d'interaction

significative entre le groupe de formation et le programme d'études (*trace de Pillai* = 0,03, $F(6,40) = 0,22$, $p = ,97$, η^2 partiel = 0,03, puissance observée = ,10). Lorsque la covariable a été omise et que l'analyse a été répétée sous forme de MANOVA, aucune différence dans le niveau de signification d'un effet multivarié ou univarié n'a été observée.

Les AE du groupe API ont obtenu un score significativement plus élevé que les AE du groupe témoin pour quatre capacités particulières du QEAC : compréhension (capacité 2) $F(1,45) = 9,68$, $p < ,003$, $r = ,42$; application/résolution de problème (capacité 3) $F(1,45) = 9,76$, $p < ,003$, $r = ,42$; planification et synthèse (capacité 5) $F(1,45) = 11,22$, $p < ,001$, $r = ,48$; évaluation (capacité 6) $F(1,45) = 26,12$, $p < ,0005$, $r = ,61$ (figure 5). Cette analyse a été effectuée à l'aide d'une valeur alpha corrigée selon la méthode de Bonferroni de 0,0083.

Figure 5 : Évaluation moyenne de l'efficacité de l'enseignement des AE par les étudiants et étudiantes de premier cycle pour le QEAC (en fonction du groupe de formation des AE)

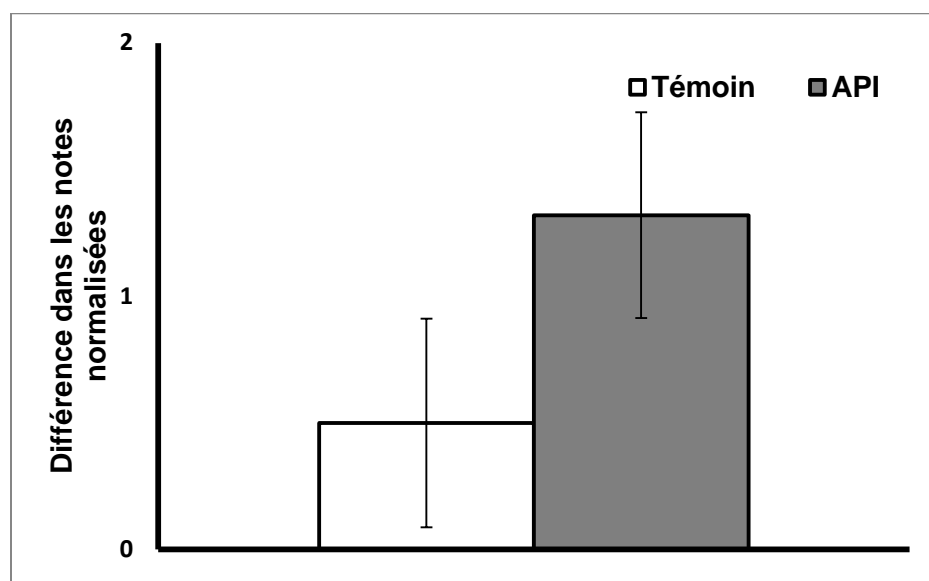


N.B. L'étoile indique une différence statistiquement significative (alpha corrigé selon la méthode de Bonferroni = 0,0083).

5.3 Notes des étudiants et étudiantes de premier cycle

Selon l'analyse ANCOVA de la différence dans les notes normalisées, il y avait un important effet significatif du groupe de formation sur les notes obtenues par les étudiants et étudiantes de premier cycle, $F(1,44) = 26,31$, $p < ,022$, $r = ,34$. Selon ce qu'ils ont déclaré, les étudiants et étudiantes des cours où l'AE de laboratoire faisait partie du groupe API ont obtenu une note significativement plus élevée que les ceux des cours où l'AE de laboratoire faisait partie du groupe témoin. Il n'y avait pas d'important effet significatif de l'expérience des AE en matière d'enseignement ($F(1,44) = ,692$, $p = ,69$, $r = ,09$), du programme d'études des AE ($F(1,44) = 1,66$, $p = ,56$, $r = ,19$) ou de l'interaction entre le groupe de formation et le programme d'études des AE ($F(1,44) = 0,53$, $p = ,47$, $r = ,11$) (figure 6).

Figure 6 : Notes des étudiants et étudiantes de premier cycle selon le groupe de formation



6 Discussion

6.1 Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation améliore leur capacité générale à enseigner?

Les résultats de la présente étude appuient l'hypothèse voulant que la formation sur l'apprentissage par investigation améliore la capacité générale à enseigner des AE. Les AE du groupe API ont invariablement obtenu un meilleur score que les AE du groupe témoin dans toutes les dimensions du SEEQ. En fonction des autoévaluations des AE, les AE du groupe API ont obtenu un score supérieur dans trois des neuf dimensions, et en fonction des évaluations des étudiants et étudiantes de premier cycle, dans six des neuf dimensions.

En ce qui concerne le SEEQ, il y avait des points d'accord et de désaccord entre les évaluations effectuées par les étudiants et étudiantes et les autoévaluations faites par les AE. Les autoévaluations des AE du groupe API ont montré que ces AE croyaient avoir amélioré leur capacité à enseigner dans les dimensions du SEEQ 1, 4 et 9. Selon les étudiants et étudiantes, les AE du groupe API ont obtenu un score plus élevé dans les dimensions du SEEQ 1, 2, 3, 5, 7 et 9.

La dimension du SEEQ 1 (valeur de l'apprentissage/des études) fait référence au sentiment de stimulation et de motivation envers le processus d'apprentissage ainsi que d'intérêt pour la matière du cours. La dimension du SEEQ 2 (enthousiasme) fait référence à la capacité d'éveiller et de capter l'attention ainsi qu'à la capacité de l'enseignant de maintenir l'intérêt des étudiants et étudiantes à l'égard de la matière. La dimension du SEEQ 3 (organisation) fait référence à la structure et au contexte ainsi qu'à la capacité de l'enseignant d'établir des liens logiques. La dimension du SEEQ 4 (interaction avec le groupe) fait référence à la capacité de maximiser l'apprentissage à l'aide d'activités d'interaction sociale et de groupe. La dimension du SEEQ 5 (rapport individuel) fait référence à la capacité de s'intéresser personnellement aux

étudiants et étudiantes pour leur offrir une orientation et guider le processus d'apprentissage. La dimension du SEEQ 7 (examens) fait référence à la capacité de l'enseignant de fournir une rétroaction utile aux étudiants et étudiantes. Enfin, la dimension du SEEQ 9 fait référence à la capacité globale à enseigner (consulter le tableau 7 pour obtenir une description complète des dimensions du SEEQ).

Les réponses fournies par les AE et par les étudiants et étudiantes font état d'une amélioration de l'efficacité de l'enseignement dans des domaines qui sont tout particulièrement importants pour les activités d'investigation structurée comme les laboratoires de science. L'investigation structurée est par sa nature même un exercice à la fois dirigé par l'apprenant et par l'enseignant. Il est probable que les étudiants et étudiantes apprécient la capacité des AE de les aider sur ces deux plans : faciliter le processus d'investigation structurée et leur transmettre efficacement la matière. Le fait que les étudiants et étudiantes et les AE soulignent des mesures générales de la qualité de l'enseignement, comme la valeur de l'apprentissage et la capacité globale à enseigner, indique que les AE sont perçus comme transmettant la matière de façon efficace. En outre, le fait que les étudiants et étudiantes mentionnent que l'enthousiasme, l'interaction avec le groupe et le rapport individuel sont considérablement meilleurs chez les AE du groupe API indique peut-être que la formation sur l'API, qui encourage la formulation de commentaires tout au cours de l'activité de laboratoire, a permis aux AE du groupe API de bien diagnostiquer les besoins des étudiants et étudiantes, tant au niveau personnel qu'au niveau du groupe en laboratoire. Dans le groupe API, entre autres stratégies d'enseignement, on a montré aux AE à encourager les étudiants et étudiantes à se poser des questions entre eux et à résoudre les problèmes en groupe plutôt qu'à chercher à obtenir des réponses des coordonnateurs des laboratoires ou des AE. Étant donné que les travaux de laboratoire sont habituellement des activités individuelles, le fait d'encourager une ambiance sociale au sein de groupes de laboratoire composés de huit à dix étudiants et étudiantes est peut-être dû à l'environnement de formation des AE.

Il est intéressant de noter que les étudiants et étudiantes ont relevé que les AE s'étaient améliorés dans deux domaines que les AE n'ont pas reconnus dans leur propre enseignement : les dimensions du SEEQ 2 (enthousiasme) et 5 (rapport individuel). Ce fait est intéressant, car il laisse penser que la capacité à enseigner des AE peut s'améliorer même lorsque les AE ne sont pas conscients de l'amélioration. Même si des études antérieures ont indiqué que les évaluations effectuées par les étudiants et étudiantes et les autoévaluations faites par les enseignants donnaient des résultats semblables concernant l'efficacité de l'enseignement (H.W. Marsh et Roche, 1994, 1997; H.W. Marsh, 1982; Miller, 1988), ce n'est pas ce que la présente étude a permis d'observer.

6.2 Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation améliore leur capacité d'enseigner la démarche scientifique?

Les résultats de la présente étude appuient l'hypothèse voulant que la formation sur l'apprentissage par investigation améliore la capacité des AE d'enseigner les capacités cognitives d'ordre supérieur (comme la démarche scientifique) aux étudiants et étudiantes de premier cycle dans une plus grande mesure que la formation traditionnelle sur les « meilleures pratiques ». Dans plusieurs cas, les AE du groupe API ont obtenu un meilleur score que ceux du groupe témoin pour l'ensemble des capacités cognitives visées par le QEAC. En outre, il n'y a eu aucun cas où des AE du groupe témoin ont obtenu un meilleur score que ceux du groupe API. Il est intéressant de noter que ces différences ont été relevées dans les autoévaluations des AE. Même si dans les évaluations faites par les étudiants et étudiantes, la capacité à enseigner des AE du groupe API a reçu un score considérablement plus élevé pour les capacités du QEAC 2 (compréhension), 3 (application/résolution de problème), 5 (planification et synthèse) et 6 (évaluation), aucune différence

significative n'a été observée entre les autoévaluations des AE du groupe API et les autoévaluations des AE du groupe témoin concernant une capacité ou une autre du QEAC.

Les étudiants et étudiantes ont accordé un score beaucoup plus élevé aux AE du groupe API qu'à ceux du groupe témoin pour quatre capacités du QEAC : 2, 3, 5 et 6. Les capacités du QEAC sont classées en ordre hiérarchique en fonction des six capacités du domaine cognitif de la taxonomie de Bloom. Par conséquent, les chiffres moins élevés représentent des capacités cognitives d'ordre inférieur, et les chiffres plus élevés, des capacités cognitives d'ordre supérieur. Ces dernières sont les capacités correspondant à la démarche scientifique. Par exemple, la capacité du QEAC 2 représente la capacité de compréhension, soit la capacité de comparer ou de reformuler deux idées, par exemple de prendre un problème formulé sous forme d'énoncé et de construire un modèle mathématique formel. La capacité du QEAC 3 fait référence à la capacité de résoudre des problèmes, comme la capacité de sélectionner le bon test statistique pour examiner une hypothèse particulière. La capacité du QEAC 5 se rapporte à la capacité de planification, comme la conception d'un protocole expérimental à partir de principes de base. La capacité du QEAC 6 fait référence à la capacité d'évaluation, par exemple la capacité d'employer la bonne méthode abstraite ou théorique pour concevoir un ensemble d'expériences. Il convient de noter que les capacités cognitives 5 et 6 du QEAC sont deux des capacités les plus difficiles à enseigner, et sont appréciées en conséquence lorsqu'elles sont enseignées de façon efficace. Les étudiants et étudiantes ont indiqué que les AE du groupe API étaient plus performants que ceux du groupe témoin, en particulier pour trois des quatre capacités cognitives supérieures. Ces résultats appuient l'hypothèse voulant que la formation sur l'API accroisse l'efficacité de l'enseignement des AE (du moins, l'efficacité perçue) en ce qui concerne les capacités cognitives d'ordre supérieur. Étant donné que l'établissement d'un protocole expérimental et l'analyse scientifique font appel aux capacités de planification et d'évaluation, ces dernières sont des résultats que l'on cherche à atteindre dans le processus éducatif en laboratoire.

6.3 Est-ce que le fait d'offrir aux AE de laboratoire de la formation basée sur l'apprentissage par investigation a une incidence sur les notes des étudiants et étudiantes de premier cycle?

Les données recueillies au cours de cet essai appuient l'hypothèse voulant que la formation sur l'apprentissage par investigation pour les AE soit liée à de meilleures notes pour les étudiants et étudiantes de premier cycle, comparativement à la formation traditionnelle offerte aux AE (figure 6). Une fois que les notes déclarées par les étudiants et étudiantes ont été normalisées sous forme de note moyenne pour l'enseignant, les notes finales des étudiants et étudiantes dont l'AE provenait du groupe API dépassaient d'environ 1,2 point (sur l'échelle MPC, ~ 5-8 %) les notes des étudiants et étudiantes dont l'AE provenait du groupe témoin. Il s'agit d'une légère différence, mais elle est statistiquement significative.

Cette conclusion nécessite certaines mises en garde. Premièrement, les étudiants et étudiantes ont déclaré eux-mêmes leurs notes, et on ne sait pas s'ils l'ont fait de façon exacte. Deuxièmement, les étudiants et étudiantes ont déclaré leurs notes finales, pas seulement leurs notes obtenues dans le volet laboratoire de leur cours. Troisièmement, aucun contrôle expérimental de l'enseignant n'a été utilisé, même si les AE étaient répartis à peu près également entre les chargés de cours et que la moyenne des notes dans les cours de chaque enseignant a été prise en compte sur le plan statistique. En outre, étant donné que les étudiants et étudiantes ne savaient pas à quel groupe de formation appartenait leur AE (en supposant qu'ils savaient que les AE suivaient une formation pédagogique), il n'y a aucune raison de croire que les étudiants et étudiantes d'un groupe sont davantage visés par l'une des mises en garde que ceux de l'autre groupe. Par conséquent, cette conclusion – différences statistiquement significatives dans les notes finales – est une importante preuve montrant que la formation sur l'API pour les AE constitue une réelle amélioration par rapport à la formation habituelle qu'a reçue le groupe témoin.

6.4 Opinions des AE et des étudiants et étudiantes de premier cycle concernant la capacité à enseigner des AE

Même si les AE et les étudiants et étudiantes de premier cycle ont utilisé les mêmes questionnaires pour évaluer le même objet (l'efficacité de l'enseignement des AE), leurs réponses ne se recoupaient pas complètement. De plus, les différences statistiquement significatives entre les deux groupes de formation variaient entre le SEEQ et le QEAC. En général, les réponses des étudiants et étudiantes ont fait état d'un plus grand nombre de différences dans l'efficacité de l'enseignement entre le groupe API et le groupe témoin, même si les réponses des AE et des étudiants et étudiantes indiquaient que les AE du groupe API étaient des enseignants de laboratoire plus efficaces que ceux du groupe témoin.

En ce qui concerne le SEEQ, les réponses fournies par les étudiants et étudiantes et par les AE faisaient état d'améliorations dans les dimensions du SEEQ 1 et 9, mais seuls les étudiants et étudiantes ont relevé des améliorations dans les dimensions du SEEQ 2 et 5. Les dimensions 1 (valeur de l'apprentissage/des études) et 9 (capacité globale à enseigner) sont des indicateurs généraux de l'efficacité de l'enseignement, mais les dimensions 2 (enthousiasme) et 5 (rapport individuel) sont plus précises. Étant donné que l'apprentissage par investigation structurée efficace exige la présence d'une personne qui peut faciliter l'apprentissage et est capable de guider les étudiants et étudiantes, un score plus élevé pour les dimensions du SEEQ 2 et 5 semble indiquer une capacité accrue de jouer ce rôle de facilitateur. Le fait que les AE semblent ne pas avoir remarqué cette amélioration est curieux. Ces résultats laissent penser qu'il est possible que les améliorations touchant l'efficacité de l'enseignement ne s'accompagnent pas chez les AE d'une meilleure conscience de l'efficacité de leur enseignement.

Les données tirées du QEAC semblent confirmer l'idée que les étudiants et étudiantes accordent aux AE du groupe API un score plus élevé pour les capacités liées à la facilitation de l'investigation, mais cela n'est pas reconnu par les AE eux-mêmes. Ici encore, les AE du groupe API obtiennent un meilleur score que ceux du groupe témoin pour les capacités du QEAC 2, 3, 5 et 6, mais aucune différence provenant des autoévaluations n'a été observée entre les deux groupes de formation. Le fait que les étudiants et étudiantes ont invariablement accordé un score plus élevé aux AE du groupe API en ce qui concerne la capacité d'enseigner, particulièrement en ce qui concerne les capacités cognitives d'ordre supérieur correspondant à la démarche scientifique, semble indiquer que les AE du groupe API étaient réellement meilleurs pour enseigner les activités d'investigation structurée en laboratoire. Encore une fois cependant, les AE eux-mêmes n'ont pas constaté d'amélioration.

En conclusion, il est possible que les autoévaluations des AE soient des mesures moins valables de l'efficacité de l'enseignement des AE que les évaluations des AE faites par les étudiants et étudiantes. Assurément, les AE ont beaucoup moins d'expérience comme enseignants que les étudiants et étudiantes en ont comme apprenants. Par conséquent, il est possible que ces derniers comprennent le processus d'évaluation de l'enseignement d'une façon qui n'est pas accessible aux nouveaux enseignants comme les AE. Toutefois, étant donné que les AE ont généralement fait plus d'études postsecondaires que les étudiants et étudiantes de premier cycle, il est possible qu'ils évaluent la valeur de leur enseignement en laboratoire en se basant sur leur expérience comme étudiants et étudiantes. Lorsque l'évaluation de l'enseignement des AE inclut l'autoévaluation par les AE, il serait donc prudent d'obtenir aussi les évaluations faites par les étudiants et étudiantes (malgré les efforts et coûts supplémentaires que cela représente).

6.5 Est-ce que la formation basée sur l'investigation devrait être offerte aux AE de laboratoire dans les disciplines STIM?

Les résultats de la présente étude appuient l'hypothèse voulant que la formation sur l'apprentissage par investigation pour les AE améliore l'efficacité de leur enseignement selon toutes les mesures de la capacité à enseigner que j'ai utilisées dans la présente étude.

Les AE formés dans l'utilisation de méthodes d'enseignement fondées sur l'investigation ont obtenu de meilleurs résultats que les AE du groupe témoin formés à l'utilisation de « meilleures pratiques ». Plus important encore, les AE du groupe API ont invariablement obtenu un meilleur score pour ce qui est d'enseigner la démarche scientifique. L'enseignement de cette démarche est la principale raison pour laquelle les travaux de laboratoire sont une composante des programmes d'études de premier cycle dans les disciplines STIM, et un programme de formation ayant permis d'améliorer la capacité à enseigner des AE dans un environnement d'investigation structurée constitue un outil utile pour améliorer les résultats d'apprentissage au premier cycle.

7 Conclusions et recherches à l'avenir

Même si certaines limites s'appliquent à la généralisabilité de ces conclusions, les données montrent que le fait d'enseigner aux AE les rudiments de la pédagogie de l'apprentissage par investigation représente une importante amélioration qui peut avoir lieu partout où des travaux de laboratoire sont offerts dans le cadre d'un programme d'études de premier cycle dans une discipline STIM (ou de tout programme faisant appel à l'API). Manifestement, il pourrait être nécessaire de mener d'autres études sur les causes de l'amélioration de l'enseignement des AE et de procéder à une étude plus vaste et plus complète. Néanmoins, cette conclusion est importante pour les programmes de formation des AE. Les données recueillies dans la présente étude semblent indiquer que l'apprentissage par investigation devrait, dans la mesure du possible, être intégré au programme de formation des AE qui enseignent dans les disciplines STIM et font appel à des travaux de laboratoire basés sur l'investigation structurée ou ouverte.

Il importe de poursuivre les recherches sur la façon dont les méthodes fondées sur l'investigation améliorent l'enseignement en laboratoire des AE. Dans la présente étude, même si les AE ayant reçu une formation pédagogique sur l'API ont été considérés comme de meilleurs enseignants aux yeux des étudiants et étudiantes de premier cycle, ils n'ont pas estimé, dans leurs autoévaluations, que leurs capacités à enseigner différaient beaucoup de celles des AE n'ayant pas reçu cette formation. Il conviendrait d'examiner plus à fond pourquoi cela est ainsi. En outre, même si la présente étude a montré que les étudiants et étudiantes faisant partie de groupes de laboratoire dirigés par les AE du groupe API ont obtenu des notes significativement plus élevées, deux résultats demeurent incertains : premièrement, si l'amélioration des notes est une conclusion généralisable plutôt qu'un phénomène secondaire lié au plan de l'étude et à la mesure des notes; deuxièmement, si les étudiants et étudiantes formés à la démarche scientifique par les AE du groupe API ont obtenu un score plus élevé pour les compétences liées à la démarche scientifique dans d'autres cours (p. ex. dans un cours d'introduction à la physique).

Enfin, on ne sait pas si les effets de la formation améliorée des AE subsistent au-delà du cours visé. C'est là un autre domaine où il pourrait être utile d'approfondir les études. Il est possible qu'une séance de formation de cinq heures ne soit pas suffisante pour améliorer de façon permanente l'efficacité de l'enseignement d'un AE, même si la durée de l'amélioration examinée dans la présente étude n'est pas connue. La rétention à long terme des principes pédagogiques en jeu pourrait constituer un important sujet des recherches ultérieures.

En conclusion, les données de l'étude semblent indiquer que former les AE concernant les méthodes pédagogiques utiles constitue une stratégie valable et efficace pour améliorer l'enseignement dans les laboratoires de science au premier cycle, et que les établissements postsecondaires qui font appel à des AE de laboratoire devraient appuyer ce genre de programmes de formation lorsque le temps et les ressources le leur permettent.

8 Références

- Apedoe, X., Walker, S., et Reeves, T. (2006). « Integrating inquiry-based learning into undergraduate geology ». *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 414-421. Consulté le 4 mars 2013 à <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.117.1751&rep=rep1&type=pdf>
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., et coll. (2009). « Learning and Scientific Reasoning ». *Science*, 323, 586-587.
- Black, B., et Bonwell, C. (1991). « The training of teaching assistants in departments of history ». *The History Teacher*, 24(4), 435-444. Consulté le 4 mars 2013 à <http://www.jstor.org/stable/10.2307/494702>
- Bohrer, K., Stegenga, B. D., et Ferrier, A. (2007). « Training and Mentoring TAs in Inquiry-Based Methods. *Tested Studies for Laboratory Teaching* ». *Proceedings of the 28th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education* (vol. 28, p. 335-346).
- Bond-Robinson, J., et Rodrigues, R. (2006). « Catalyzing graduate teaching assistants' laboratory teaching through design research ». *Journal of Chemical Education*, 83(2), 313-323. Consulté le 15 février 2013 à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed083p313>
- Brown, S. (2010). « A Process-Oriented Guided Inquiry Approach to Teaching Medicinal Chemistry ». *American journal of pharmaceutical education*, 74(7), 1-6. Consulté le 7 mars 2013 à <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2972515/>
- Buerkel-Rothfuss, N., et Gray, P. (1990). « Graduate teaching assistant training in speech communication and noncommunication departments: a national survey ». *Communication Education*, 39, 292-307. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03634529009378811>
- Creech, L. R., et Sweeder, R. D. (2012). « Analysis of student performance in large-enrollment life science courses ». *CBE life sciences education*, 11(4), 386-91. Consulté le 4 mars 2013 à <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3516794&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Dawson, D. L., Dimitrov, N., Meadows, K. N., et Olsen, K. (2013). *Comblent les lacunes : Incidence du programme « Teaching in the Canadian Classroom » sur l'efficacité en enseignement des adjoints d'enseignement internationaux* (p. 1-46). Toronto.
- Ertepinar, H., et Geban, Ö. (1996). « Effect of instruction supplied with the investigative-oriented laboratory approach on achievement in a science course ». *Educational Research*, 38(3), 333-341. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0013188960380306>
- Finnie, R., et Pavlic, D. (2013). *Caractéristiques et tendances en matière d'accès à l'éducation postsecondaire en Ontario : étude basée sur des données fiscales longitudinales* (p. 67). Toronto.

- French, D., et Russell, C. (2002). « Do Graduate Teaching Assistants Benefit from Teaching Inquiry-Based Laboratories? » *BioScience*, 52(11), 1036. Consulté à <http://www.jstor.org/stable/1314349>
- Goldey, E. S., Abercrombie, C. L., Ivy, T. M., Kusher, D. I., Moeller, J. F., Rayner, D. a, Smith, C. F., et coll. (2012). « Biological inquiry: a new course and assessment plan in response to the call to transform undergraduate biology ». *CBE-Life Sciences Education*, 11(4), 353-63. Consulté le 4 mars 2013 à <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3516791&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Hanauer, D. I., Jacobs-Sera, D., Pedulla, M. L., Cresawn, S. G., Hendrix, R. W., et Hatfull, G. F. (2006). « Teaching Scientific Inquiry ». *Science*, 314(5807), 1880-1881.
- Hardré, P. L. (2005). « Instructional Design as a Professional Development Tool-of-Choice for Graduate Teaching Assistants ». *Innovative Higher Education*, 30(3), 163-175. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10755-005-6301-8>
- Hardré, P. L., et Burris, A. O. (2010). « What contributes to teaching assistant development: differential responses to key design features ». *Instructional Science*, 40(1), 93-118. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11251-010-9163-0>
- Herrington, D. G., et Nakhleh, M. B. (2003). « What Defines Effective Chemistry Laboratory Instruction? Teaching Assistant and Student Perspectives ». *Journal of Chemical Education*, 80(10), 1197. Consulté à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed080p1197>
- Iler, H., et Justice, D. (2012). « Discovering 13C NMR, 1H NMR, and IR Spectroscopy in the General Chemistry Laboratory through a Sequence of Guided-Inquiry Exercises ». *Journal of Chemical Education*, 89, 1178-1182. Consulté le 7 mars 2013 à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed2005664>
- Kendall, K. D., et Schussler, E. E. (2012). « Does instructor type matter? Undergraduate student perception of graduate teaching assistants and professors ». *CBE-Life Sciences Education*, 11(2), 187-99. Consulté le 7 mars 2013 à <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3366904&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., et Clark, R. E. (2010). « Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work : An Analysis of the Failure of Constructivist , Based Teaching Work : An Analysis of the Failure of Constructivist , Discovery , Problem-Based , Experiential , and Inquiry-Based Teaching ». *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Krathwohl, D. R. (2002). « A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview ». *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218. Consulté à http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15430421tip4104_2
- Lin, S.-Y., Henderson, C., Mamudi, W., Singh, C., et Yerushalmi, E. (2013). « Teaching assistants' beliefs regarding example solutions in introductory physics ». *Physics Education Research*, 9(1), 1-23. Consulté le 28 juin 2013 à <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.9.010120>
- Linn, M. C., Lee, H., Tinker, R., Husic, F., et Chiu, J. L. (2006). « Teaching and Assessing Knowledge Integration in Science ». *Science*, 313, 1-2.

- Lowman, J., et Mathie, V. A. (1993). « What Should Graduate Teaching Assistants know about Teaching? » *Teaching of Psychology*, 20(2), 84-88.
- Luckie, D. B., Maleszewski, J. J., Loznak, S. D., et Krha, M. (2004). « Infusion of collaborative inquiry throughout a biology curriculum increases student learning: a four-year study of "Teams and Streams" ». *Advances in physiology education*, 28(1-4), 199-209. Consulté le 4 mars 2013 à <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15545349>
- Luft, J. A., Kurdziel, J. P., Roehrig, G. H., et Turner, J. (2004). « Growing a garden without water: Graduate teaching assistants in introductory science laboratories at a doctoral/research university ». *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), 211-233. Consulté le 15 février 2013 à <http://doi.wiley.com/10.1002/tea.20004>
- Marbach-Ad, G., Schaefer, K. L., Kumi, B. C., Friedman, L. a., Thompson, K. V., et Doyle, M. P. (2012). « Development and Evaluation of a Prep Course for Chemistry Graduate Teaching Assistants at a Research University ». *Journal of Chemical Education*, 89(7), 865-872. Consulté à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed200563b>
- Marsh, H., et Bailey, M. (1993). « Multidimensional Students' Evaluations of Teaching Effectiveness: A Profile Analysis ». *Journal of Higher Education*, 64(1), 1-18. Consulté le 16 février 2013 à <http://www.jstor.org/stable/10.2307/2959975>
- Marsh, H. W., et Roche, L. A. (1994). *The use of students' evaluations of university teaching to improve teaching effectiveness*. Canberra : Australian Government Publishing Service.
- Marsh, H. W., et Roche, L. A. (1997). « Making students' evaluations of teaching effectiveness effective ». *American Psychologist*, 52, 1187-1197.
- Marsh, Herbert W. (1982). « SEEQ: a reliable, valid and useful instrument for collecting students' evaluations of university teaching ». *British Journal of Educational Psychology*, 52(1), 77-95.
- Marsh, Herbert W. (1987). « Students' evaluations of University teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research ». *International Journal of Educational Research*, 11(3), 253-388. Consulté à <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0883035587900012>
- Meyers, S., et Prieto, L. (2000). « Training in the Teaching of Psychology: what is done and examining the differences ». *Teaching of Psychology*, 27(4), 258-261. Consulté le 8 avril 2013 à http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1207/S15328023TOP2704_03
- Miles, C. A., et Polovina-Vukovic, D. (2012). *Le rôle des programmes d'orientation des nouveaux enseignants dans l'amélioration de l'enseignement universitaire* (p. 33). Toronto.
- Miller, A. (1988). « Student assessment of teaching in higher education ». *Higher Education*, 15, 3-15. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.springerlink.com/index/l205463033172464.pdf>
- Norton, L., Richardson, T. E., Hartley, J., Newstead, S., et Mayes, J. (2005). « Teachers' beliefs and intentions concerning teaching in higher education ». *Higher Education*, 50(4), 537-571. Consulté le 11 février 2013 à <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10734-004-6363-z>

- Nyquist, J. D., Abbott, R. D., et Wulff, D. H. (1989). « The challenge of TA training in the 1990s ». *New Directions for Teaching and Learning*, 39, 7-14.
- Park, C. (2004). « The graduate teaching assistant (GTA): lessons from North American experience ». *Teaching in Higher Education*, 9(3), 349-361. Consulté le 11 février 2013 à <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1356251042000216660>
- Price, R. M. (2012). « How We Got Here: An Inquiry-Based Activity About Human Evolution ». *Science*, 338, 1554-1555.
- Prieto, L. (2002). « Teaching Assistant Development: Research and Impressions ». *Essays from Excellence in Teaching, 2002* (janvier 2002). Consulté le 27 février 2013 à <http://www.teachpsych.com/ebooks/eit2002/eit02-01.pdf>
- Prieto, L. R., et Altmaier, E. M. (1994). « The relationship of prior training and previous teaching experience to self-efficacy among graduate teaching assistants ». *Research in Higher Education*, 35(4), 481-497. Consulté à <http://link.springer.com/10.1007/BF02496384>
- Prieto, L. R., et Meyers, S. A. (1999). « Effects of Training and Supervision on the Self-Efficacy of Psychology Graduate Teaching Assistants ». *Teaching of Psychology*, 26(4), 264-266. Consulté le 6 mars 2013 à <http://top.sagepub.com/lookup/doi/10.1207/S15328023TOP260404>
- Rodrigues, R. A. B., et Bond-Robinson, J. (2006). « Comparing Faculty and Student Perspectives of Graduate Teaching Assistants' Teaching ». *Journal of Chemical Education*, 83(2), 305. Consulté à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed083p305>
- Roehrig, G. H., Turner, J. A., Kurdziel, J. P., et Luft, J. A. (2003). « Graduate Teaching Assistants and Inquiry-Based Instruction: Implications for Graduate Teaching Assistant Training ». *Journal of Chemical Education*, 80(10), 1206. Consulté à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed080p1206>
- Rushin, J., Saix, J.-D., Lumsden, A., Streubel, D. ., Summers, G., et Bernson, C. (1997). « Graduate Teaching Assistant Training: A Basis for Improvement of College Biology Teaching & Faculty Development? » *The American Biology Teacher*, 59(2), 86-90. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.jstor.org/stable/10.2307/4450255>
- Schoffstall, A. M., et Gaddis, B. A. (2007). « Incorporating Guided-Inquiry Learning into the Organic Chemistry Laboratory ». *Journal of Chemical Education*, 84(5), 848. Consulté à <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed084p848>
- Shannon, D., Twale, D., et Moore, M. (1998). « TA Teaching Effectiveness: the impact of training and teaching experience ». *Journal of Higher Education*, 69(4), 440-466. Consulté le 3 mars 2013 à <http://www.jstor.org/stable/10.2307/2649274>
- Tompkins, L. J., et Dimiduck, K. (2011). *Confident or Overconfident: Changes in the self-reported confidence levels of new teaching assistants pre- and post-training* (p. 1-11). Ithaca, É-U..
- Université Carleton, site Web (2013). Facts and Reports - About Carleton. Consulté le 20 avril 2013 à <http://www1.carleton.ca/about/facts/>

- Uno, G. E. (2009). Botanical literacy: What and how should students learn about plants? *American journal of botany*, 96(10), 1753-9. Consulté le 15 février 2013 à <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21622295>
- Vale, R. D., DeRisi, J., Phillips, R., Mullins, R. D., Waterman, C., et Mitchison, T. J. (2012). « Graduate education. Interdisciplinary graduate training in teaching labs ». *Science*, 338(6114), 1542-3. Consulté le 14 février 2013 à <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23258877>
- Verleger, M., et Velasquez, J. (2007). « An engineering teaching assistant orientation program: Guidelines, reactions, and lessons learned from a one day intensive training program ». *2007 37th Annual Frontiers in Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports*, S4G-3-S4G-7. Ieee. Consulté à <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4417912>
- Volkman, M. J., et Zgagacz, M. (2004). « Learning to teach physics through inquiry: The lived experience of a graduate teaching assistant ». *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 584-602. Consulté le 15 février 2013 à <http://doi.wiley.com/10.1002/tea.20017>
- Wallace, C. S., Tsoi, M. Y., Calkin, J., et Darley, M. (2003). « Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth ». *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 986-1024. Consulté le 15 février 2013 à <http://doi.wiley.com/10.1002/tea.10127>
- Wilke, R. R., et Straits, W. J. (2005). « Practical Advice for Teaching Inquiry-Based Science Process Skills in the Biological Sciences ». *The American Biology Teacher*, 67(9), 534-540. Consulté à [http://www.bioone.org/doi/abs/10.1662/0002-7685\(2005\)067\[0534:PAFTIS\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1662/0002-7685(2005)067[0534:PAFTIS]2.0.CO;2)

