

La façon dont la science est enseignée a-t-elle une incidence sur les résultats du PISA?

La science et la technologie sont omniprésentes dans le quotidien des Canadiennes et des Canadiens. Les programmes d'études primaires et secondaires tentent de soutenir le développement de la culture scientifique des élèves tout au long de leur parcours scolaire obligatoire et de nourrir l'intérêt de celles et ceux qui poursuivront leurs études en science et technologie au-delà de l'école secondaire.

Afin de répondre à ces objectifs, les enseignantes et enseignants organisent des activités d'apprentissage et d'évaluation variées, dans des contextes scolaires tout aussi variés. Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), les activités d'enseignement et d'apprentissage sont les meilleures variables prédictives des compétences des élèves, quelles que soient leurs caractéristiques (Mostafa, Echazarra et Guillou, 2018). La qualité de l'enseignement des sciences serait également un déterminant significatif pour l'attitude envers les sciences à l'école et le choix des cours (Osborne, Simon et Collins, 2003).

Selon Klieme, Pauli et Reusser (2009), la qualité de l'enseignement repose notamment sur un climat de soutien et tourné vers l'élève, sur une gestion claire et structurée de l'enseignement, et sur une activation cognitive stimulant l'apprentissage. Le présent article explore les deux derniers aspects en classe de science à partir des réponses des élèves de 15 ans au questionnaire contextuel du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA). Dans un premier temps, nous examinerons la perception qu'ont les élèves des pratiques d'enseignement dirigé ainsi que des pratiques liées à l'investigation scientifique. Les premières font partie des activités de gestion structurée et les dernières sont associées aux activités d'activation cognitive (OCDE, 2018). Plus précisément, nous tenterons de déterminer, d'une part, en quoi les systèmes d'éducation provinciaux se distinguent sur ces aspects liés à l'enseignement, et, d'autre part, s'il existe des différences de perception entre les filles et les garçons de même qu'entre les élèves des systèmes scolaires francophones et ceux des systèmes anglophones. Dans un second temps, nous explorerons l'effet de ces pratiques pédagogiques sur les résultats des élèves en science ainsi que sur les attitudes envers les sciences.

Le PISA est une évaluation internationale qui mesure les connaissances et les compétences des élèves de 15 ans dans trois domaines : lecture, mathématiques et science. Suivant un cycle de trois ans depuis 2000, l'un des domaines fait l'objet d'une attention particulière. Ainsi, la culture scientifique était le domaine principal de l'évaluation en 2006 et en 2015 (<https://www.oecd.org/pisa-fr/>). Elle le sera de nouveau lors du PISA 2025, dont les résultats seront disponibles en 2026.

Les 10 provinces participent au PISA, chacune avec un échantillon permettant d'assurer la validité des résultats à l'échelle provinciale.

Enseignement dirigé et investigation scientifique

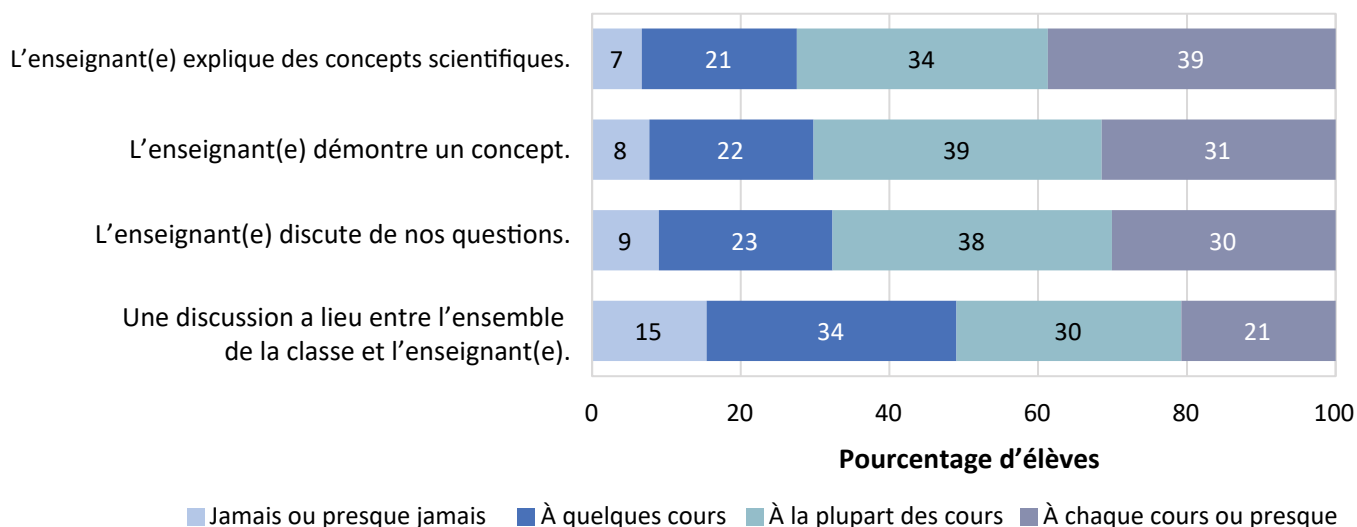
L'enseignement de la science doit permettre aux jeunes de comprendre et d'agir avec confiance, mais doit également permettre le développement et le maintien d'attitudes positives envers les sciences. Certaines pratiques pédagogiques sont associées à des performances plus élevées, tandis que d'autres sont associées à des attitudes plus positives; certaines peuvent combiner ces avantages (Savelsbergh, Prins, Rietbergen, Fechner, Vaessen, Draijer et Bakker, 2016). Les sections suivantes aborderont les pratiques associées à un enseignement dirigé par l'enseignante ou l'enseignant, et celles associées à la démarche d'investigation scientifique, qui s'est imposée au cours des deux dernières décennies. L'enseignement dirigé serait associé à un apprentissage plutôt passif, où l'élève tend à utiliser des stratégies telles que la mémorisation, alors que l'enseignement par investigation implique davantage des stratégies d'apprentissage telles que l'analyse et l'interprétation (Furtak, Seidel, Iverson et Briggs, 2012).

Enseignement dirigé

Les pratiques permettant un apprentissage structuré à des degrés variables par l'enseignante ou l'enseignant sont d'usage courant. Ainsi, le PISA regroupe sous le vocable d'enseignement dirigé les pratiques telles que l'explication et la démonstration de concepts scientifiques, la discussion des questions des élèves et l'animation de débats en classe (OCDE, 2017).

Dans le cadre du PISA 2015, les élèves ont été invités à répondre à quatre items sur la façon dont la science était enseignée en classe. La figure 1 montre ces quatre items, qui constituent l'indice de l'*enseignement dirigé*. Les items du questionnaire sont présentés par ordre décroissant de fréquence d'utilisation de chaque technique dans la classe de science. Près de 40 p. 100 des élèves ont répondu que l'explication des concepts scientifiques était la méthode la plus fréquemment utilisée par leur enseignante ou enseignant, alors que les discussions avec l'ensemble de la classe représentaient la méthode la moins fréquente.

FIGURE 1 Pourcentage d'élèves selon leurs réponses aux items de l'indice de l'enseignement dirigé, PISA 2015

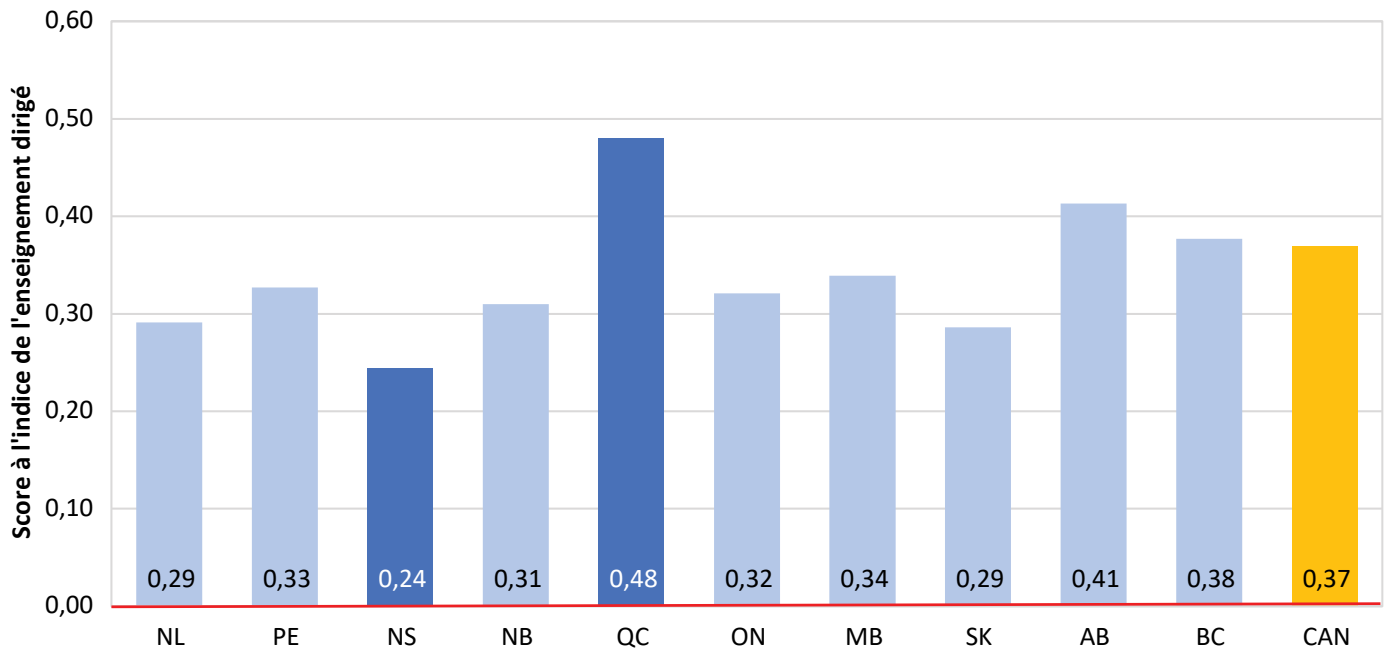


L'indice moyen de l'enseignement dirigé varie de 0,24 en Nouvelle-Écosse à 0,48 au Québec (figure 2). Les différences entre les moyennes de ces deux provinces et la moyenne canadienne signifient que les élèves de la Nouvelle-Écosse ont déclaré être un peu moins exposés aux pratiques d'enseignement dirigé par rapport à la moyenne des élèves canadiens, alors que ceux du Québec ont indiqué qu'ils l'étaient un peu plus. Les indices des autres provinces n'affichent aucune différence statistiquement significative comparativement à la moyenne canadienne.

Indices des pratiques pédagogiques du PISA 2015

Les élèves ont été encouragés à répondre en pensant au cours de sciences suivi durant l'année où ils ont passé le test. Les réponses des élèves ont été combinées pour créer un indice, de sorte que dans les pays de l'OCDE, cet indice possède une moyenne égale à 0 et un écart-type égal à 1. Des valeurs positives indiquent que les élèves des provinces ont répondu plus positivement aux items comparativement à la moyenne de l'OCDE.

FIGURE 2 Résultats pour l'indice de l'enseignement dirigé, PISA 2015



Remarque – Les tons plus foncés indiquent un écart significatif en comparaison avec le Canada. La ligne rouge indique la moyenne de l'OCDE.

Les garçons et les filles n'affichent pas de différence statistiquement significative à l'indice de l'enseignement dirigé, sauf en Nouvelle-Écosse (tableau 1). L'examen des moyennes selon la langue de test fait ressortir des différences dans la majorité des sept provinces où l'échantillon était assez grand pour permettre la présentation distincte des résultats par système linguistique. En Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Ontario et au Manitoba, les élèves des systèmes francophones sont davantage susceptibles de déclarer qu'ils sont exposés à des pratiques d'enseignement dirigé, tel que défini par le PISA, dans la salle de classe, comparativement à ceux des systèmes anglophones. Il semble que les stratégies d'enseignement direct, associé à l'enseignement dirigé, exigent des enseignantes et enseignants des compétences linguistiques poussées; le personnel enseignant en contexte de français langue première ou d'anglais langue première fait appel à des ensembles différents de compétences linguistiques, mais ces différences ne seraient toutefois pas significatives d'un contexte linguistique à l'autre (CMEC, 2013).

TABLEAU 1 Résultats pour l'indice de l'enseignement dirigé, selon le sexe et la langue du système scolaire, PISA 2015

	Score d'indice, selon le sexe					Score d'indice, selon la langue du système scolaire				
	Filles		Garçons		Écart (F–G)	Anglophone		Francophone		Écart (A–F)
	Score d'indice	Erreur-type	Score d'indice	Erreur-type		Score d'indice	Erreur-type	Score d'indice	Erreur-type	
NL	0,30	0,04	0,28	0,05	0,02	--	--	--	--	--
PE	0,34	0,08	0,32	0,10	0,02	--	--	--	--	--
NS	0,18	0,03	0,32	0,06	-0,14*	0,23	0,04	0,65	0,12	-0,42*
NB	0,31	0,04	0,31	0,05	-0,01	0,19	0,04	0,65	0,07	-0,47*
QC	0,50	0,04	0,46	0,05	0,04	0,30	0,05	0,50	0,04	-0,20*
ON	0,29	0,03	0,35	0,03	-0,06	0,31	0,02	0,47	0,04	-0,15*
MB	0,30	0,04	0,37	0,06	-0,07	0,32	0,04	0,60	0,08	-0,27*
SK	0,26	0,04	0,31	0,06	-0,05	--	--	--	--	--
AB	0,37	0,05	0,46	0,03	-0,09	0,41	0,03	0,36	0,40	0,05
BC	0,34	0,05	0,42	0,04	-0,08	0,38	0,04	0,31	0,24	0,07
CAN	0,35	0,03	0,39	0,04	-0,04	0,33	0,01	0,51	0,04	-0,17

*Écart significatif au sein du Canada ou de la province

Remarque – Étant donné que Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard et la Saskatchewan n'ont pas procédé à un suréchantillonnage des élèves selon la langue, seuls les résultats des écoles anglophones de ces provinces sont disponibles.

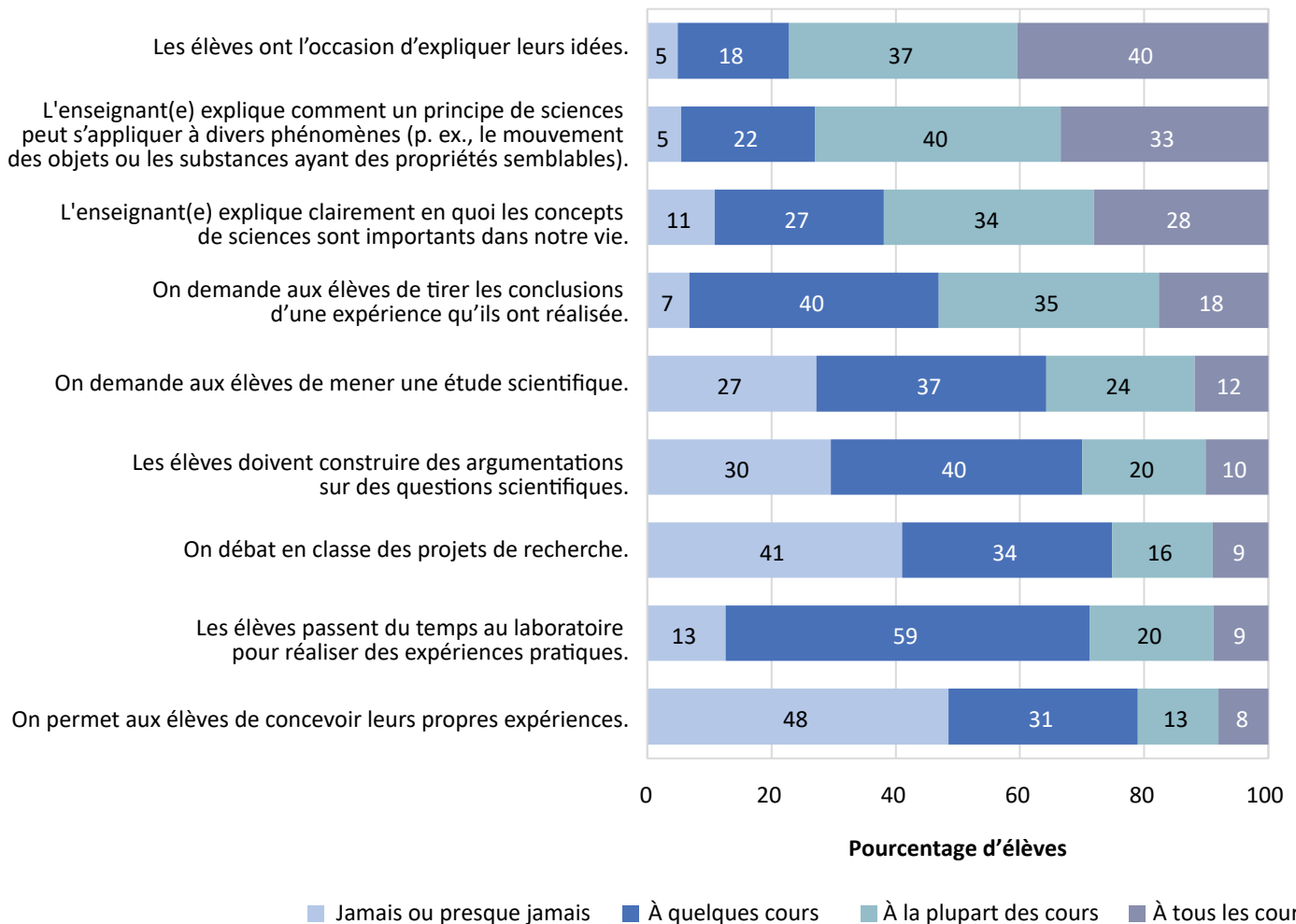
Démarche d'investigation

L'importance de l'investigation comme pratique pédagogique a été réaffirmée et maintenue dans les programmes d'études sous différents vocables (Hasni, Belletête et Potvin, 2018; OCDE, 2018). Ses objectifs, ses méthodes et ses résultats continuent de faire l'objet de recherches à travers le monde. Les pratiques pédagogiques fondées sur une démarche d'investigation auraient un effet positif sur le rendement selon Furtak *et al.* (2012), mais cet effet est cependant supérieur lorsque la démarche est guidée par l'enseignante ou l'enseignant. Ces pratiques semblent également favoriser des attitudes positives envers les sciences et le développement d'attitudes critiques que les élèves peuvent utiliser dans d'autres matières (Hattie, 2012).

Les pratiques d'investigation sont associées à l'activation cognitive, c'est-à-dire à l'enseignement de stratégies qui encouragent les élèves à réfléchir pour trouver des solutions et à porter attention aux méthodes qu'ils utilisent pour arriver à une réponse plutôt que de simplement mettre l'accent sur la réponse (National Foundation for Educational Research, s. d.). Dans le cadre du PISA 2015, cette dimension de l'activation cognitive inclut une grande variété d'approches allant de l'investigation ouverte et autonome à une démarche de questionnement plus structurée par l'enseignante ou l'enseignant. Elle a été mesurée à partir d'un sous-groupe de neuf items administrés une première fois lors de l'enquête PISA 2006, puis dans le cadre du PISA 2015. Il a ainsi été demandé aux élèves à quelle fréquence les neuf activités présentées à la figure 3 survenaient durant leurs cours de sciences. Les activités les plus fréquentes sont celles qui se déroulent en classe et qui impliquent des discussions entre les élèves et avec l'enseignante ou l'enseignant, sans doute appuyées par la facilité de mise en œuvre et le peu de ressources requises. Les activités qui se déroulent en laboratoire, plus particulièrement celles qui impliquent un haut niveau d'autonomie des élèves, sont moins fréquentes.

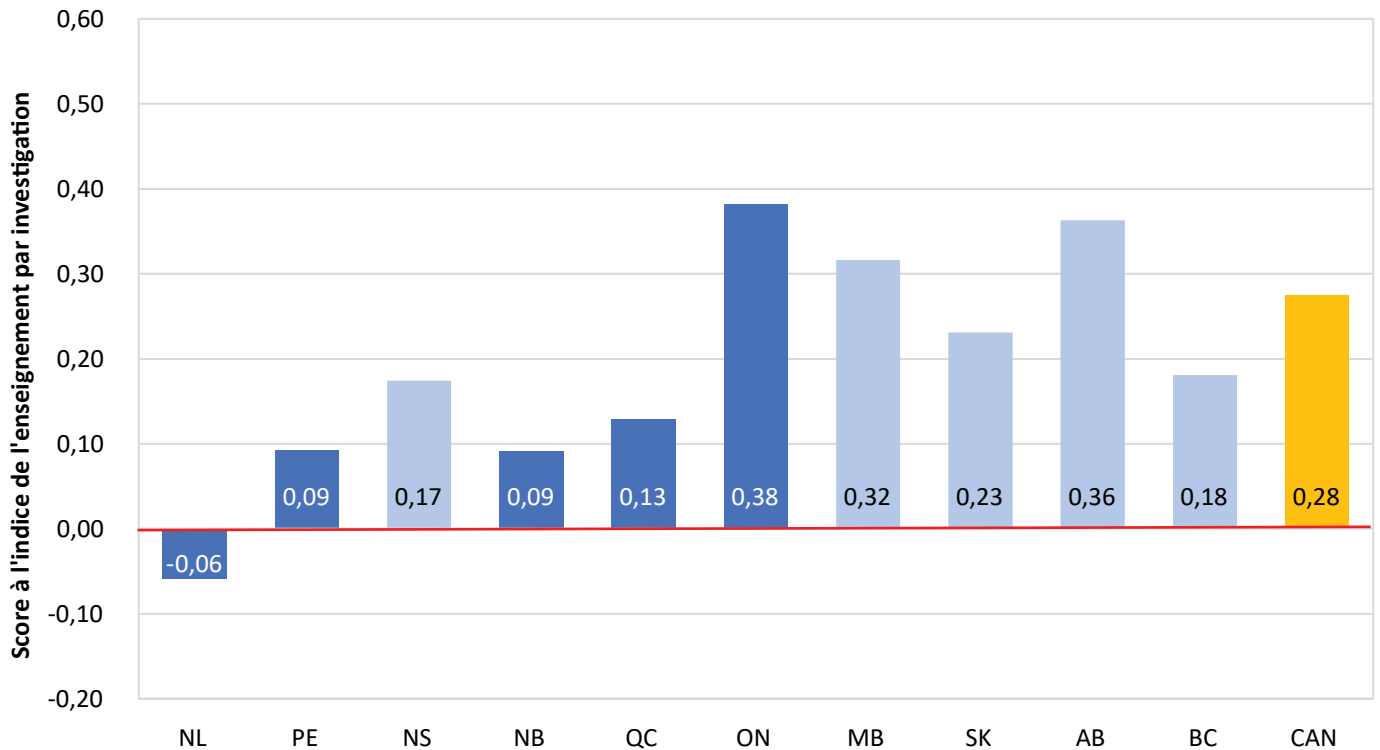
L'indice de l'enseignement par investigation combine les réponses aux neuf questions du PISA 2015 en vue de déterminer la fréquence à laquelle les élèves déclarent être exposés à ce genre de pratique (figure 3).

FIGURE 3 Pourcentage d'élèves selon leurs réponses aux items de l'indice de l'enseignement par investigation, PISA 2015



Les moyennes provinciales de cet indice sont présentées à la figure 4. Les indices provinciaux sont supérieurs à la moyenne de l'OCDE, sauf ceux de Terre-Neuve-et-Labrador et de l'Île-du-Prince-Édouard qui ne s'en distinguent pas. À l'échelle canadienne, les indices de Terre-Neuve-et-Labrador, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et du Québec sont statistiquement inférieurs à la moyenne canadienne, alors que celui de l'Ontario est plus élevé.

FIGURE 4 Résultats pour l'indice de l'enseignement par investigation, PISA 2015



Remarque – Les tons plus foncés indiquent un écart significatif en comparaison avec le Canada. La ligne rouge indique la moyenne de l'OCDE.

Les indices d'investigation selon la langue de test, dans les sept provinces où l'échantillon permet ce type d'analyse, diffèrent statistiquement au Nouveau-Brunswick et au Manitoba et à l'échelle du Canada (tableau 2). Dans toutes les provinces, les garçons répondent plus positivement que les filles aux questions associées à l'indice d'investigation. À Terre-Neuve-et-Labrador, l'indice moyen des filles est statistiquement inférieur à la moyenne de l'OCDE. Certaines études (Krapp et Prenzel, 2011) soulignent que des différences significatives peuvent apparaître entre l'intérêt des garçons et des filles selon le type d'interventions pédagogiques réalisées en classe. Le fait que l'investigation suscite un intérêt différent selon le sexe pourrait expliquer en partie les perceptions différentes de la fréquence de ce type d'activité.

TABLEAU 2 Résultats pour l'indice de l'enseignement par investigation, selon le sexe et la langue du système scolaire, PISA 2015

	Score d'indice, selon le sexe					Score d'indice, selon la langue du système scolaire				
	Filles		Garçons		Écart (F–G)	Anglophone		Francophone		Écart (A–F)
	Score d'indice	Erreur-type	Score d'indice	Erreur-type		Score d'indice	Erreur-type	Score d'indice	Erreur-type	
NL	-0,16	0,04	0,05	0,06	-0,21*	--	--	--	--	--
PE	-0,07	0,07	0,27	0,10	-0,34*	--	--	--	--	--
NS	0,08	0,04	0,28	0,06	-0,21*	0,17	0,04	0,30	0,12	-0,13
NB	-0,03	0,04	0,22	0,04	-0,25*	0,05	0,04	0,22	0,05	-0,18*
QC	0,01	0,04	0,26	0,04	-0,25*	0,14	0,04	0,13	0,04	0,01
ON	0,27	0,04	0,49	0,03	-0,22*	0,38	0,03	0,43	0,04	-0,05
MB	0,16	0,04	0,48	0,06	-0,32*	0,30	0,04	0,57	0,08	-0,27*
SK	0,16	0,05	0,30	0,09	-0,14*	--	--	--	--	--
AB	0,25	0,04	0,48	0,05	-0,23*	0,36	0,04	0,39	0,19	-0,02
BC	0,08	0,06	0,30	0,05	-0,22*	0,18	0,04	-0,07	0,18	0,25
CAN	0,16	0,02	0,39	0,02	-0,23*	0,31	0,02	0,16	0,03	0,14*

*Écart significatif au sein du Canada ou de la province

Remarque – Étant donné que Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard et la Saskatchewan n'ont pas procédé à un suréchantillonnage des élèves selon la langue, seuls les résultats des écoles anglophones de ces provinces sont disponibles.

Effets de l'exposition aux pratiques pédagogiques sur les résultats en science et sur les attitudes envers les sciences

L'engagement actuel et futur des élèves envers la science dépend largement de leurs attitudes, c'est-à-dire de leur perception de la science comme un domaine important, utile et plaisant (OCDE, 2008). Les différentes pratiques pédagogiques ont un impact sur les facteurs affectifs de l'apprentissage, tels que l'attitude, l'intérêt et la motivation (Savelsbergh *et al.*, 2016).

L'enseignement dirigé serait associé à un apprentissage plutôt passif, où l'élève tend à utiliser des stratégies telles que la mémorisation, alors que l'enseignement par investigation implique davantage des stratégies d'apprentissage telles que l'analyse et l'interprétation (Furtak *et al.*, 2012). Les pratiques d'enseignement dirigé et d'investigation ont un impact différent sur l'étendue des contenus enseignés, sur la préparation aux épreuves standardisées, et sur le développement des compétences de collaboration et de communication. De nombreuses recherches ont mis en évidence l'efficacité des pratiques d'enseignement dirigé dans une variété de disciplines scolaires (Bocquillon, Derobertmeasure et Demeuse, 2018; Hattie, 2012). L'impact positif de la démarche d'investigation sur le rendement en science a été démontré dans un grand nombre d'expérimentations contrôlées (Mostafa *et al.*, 2018), mais des résultats contradictoires quant à son efficacité sont relevés dans de nombreuses méta-analyses (Jiang et McComas, 2015).

La présente section s'attarde sur les effets de l'exposition aux différentes pratiques pédagogiques sur les attitudes envers les sciences ainsi que sur les résultats en science. Au chapitre des attitudes, l'analyse se limite à l'échelle d'intérêt pour la science, qui se compose, dans le PISA 2015, de deux indicateurs : l'intérêt pour les grands sujets scientifiques et le plaisir de la science. Pour Ainley et Ainley (2011), bien que le plaisir et l'intérêt fassent l'objet de construits distincts dans la littérature, leurs fonctions sont complémentaires lors de l'exploration de nouveaux

objets, et pour acquérir de nouvelles connaissances. En ce qui a trait aux résultats en science, il importe de rappeler que le PISA évalue la culture scientifique qui « renvoie à la capacité des individus de s'engager dans des questions et des idées en rapport avec la science en tant que citoyens réfléchis » (OCDE, 2018, p. 24). L'élève doit ainsi être en mesure d'expliquer des phénomènes de manière scientifique sur la base de connaissances de faits et de concepts scientifiques, d'évaluer et de concevoir des investigations scientifiques, et d'interpréter des données et des faits de manière scientifique. La culture scientifique n'est donc pas strictement limitée à des connaissances de contenu.

Intérêt pour la science

Le PISA a modélisé, en 2015, un indicateur d'intérêt à l'aide de cinq items portant sur des objets précis de la science : la biosphère, le mouvement et les forces, l'énergie et sa transformation, l'Univers et son histoire, et la façon dont la science peut prévenir certaines maladies. Les élèves devaient indiquer leur intérêt à partir d'une échelle de Likert à cinq points comprenant les choix 1 (*Pas intéressé*) à 4 (*Très intéressé*) et « *Je ne sais pas ce que c'est* ».

Plaisir de la science

Le PISA a modélisé un indicateur du plaisir à l'aide de cinq items, tels que « Je trouve généralement agréable d'apprendre des notions de sciences. ». Les élèves devaient indiquer leur choix de réponse à partir d'une échelle de Likert à quatre points allant de 1 (*Pas du tout d'accord*) à 4 (*Tout à fait d'accord*).

Résultats en science

Les résultats en science du PISA sont exprimés sur une échelle ayant une moyenne de 500 points pour les pays membres de l'OCDE et un écart-type de 100. Cette moyenne a été établie en 2006, soit la première année où la culture scientifique faisait l'objet de l'évaluation principale, et a été établie de nouveau à 493 points en 2015.

Pratiques d'enseignement et attitudes

L'exposition aux pratiques d'enseignement dirigé et aux pratiques d'investigation scientifique a un effet positif sur l'intérêt pour les grands sujets scientifiques et le plaisir de la science mesurés par le PISA 2015. Les figures 5 et 6 présentent la variation des indices d'attitude en fonction des quartiles de chaque type de pratique au Canada.

Au Canada, comme dans l'ensemble des provinces, une augmentation de l'exposition à des pratiques d'enseignement dirigé est associée à une augmentation de l'indice du plaisir de la science. L'effet observé sur l'intérêt pour des sujets scientifiques est plus faible. L'augmentation de l'exposition à des pratiques d'investigation, jusqu'au second quartile, est associée à une augmentation des deux indices d'attitude au Canada, l'effet étant plus important sur le plaisir de la science. Le quartile supérieur de l'indicateur des pratiques d'investigation n'est toutefois pas associé à des indices de plaisir et d'intérêt plus élevés. La mise en œuvre efficace des pratiques d'investigation requiert du temps et des ressources. Parmi les défis liés à la mise en œuvre des pratiques d'investigation, le temps de mise en œuvre est l'un des plus importants éléments soulignés par les enseignantes et enseignants (Hasni *et al.*, 2018). L'acquisition d'une base de connaissances suffisante pour placer les élèves dans de telles démarches implique sans doute qu'au-delà d'un certain seuil, la fréquence de telles activités ne permet pas de les engager adéquatement. Ainsi, comme le relèvent Hofstein et Lunetta (2004), la mise en œuvre efficace des activités d'investigation doit être judicieusement structurée pour que l'élève puisse manipuler à la fois des concepts et des objets.

FIGURE 5 Indice du plaisir de la science associé aux quartiles de chaque pratique d'enseignement, PISA 2015

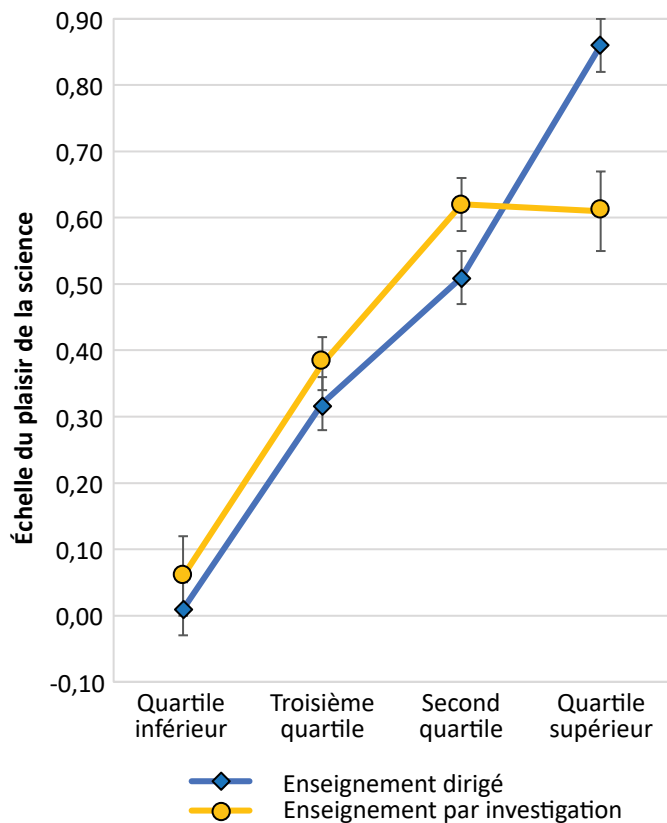
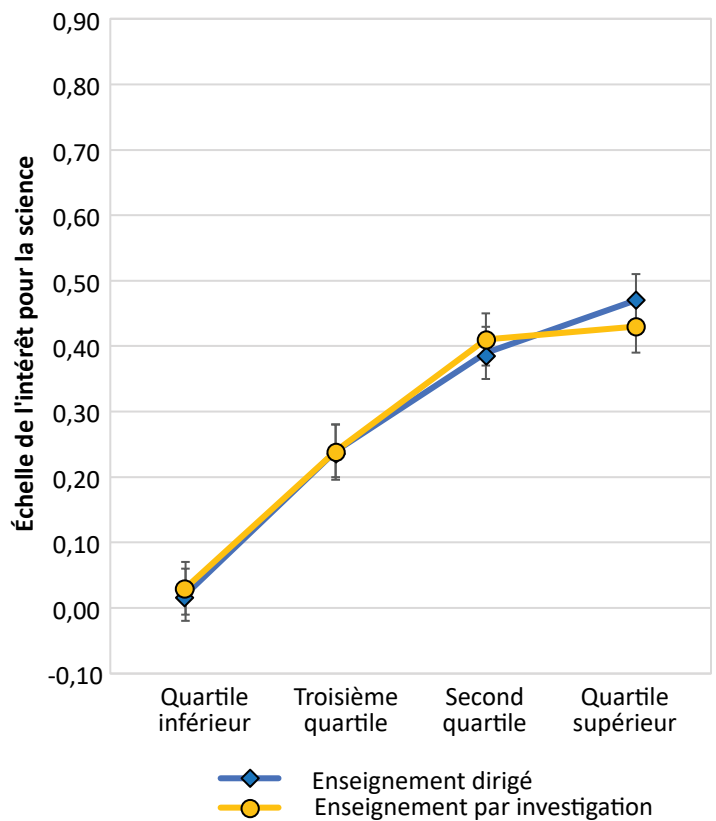


FIGURE 6 Indice de l'intérêt pour la science associé aux quartiles de chaque pratique d'enseignement, PISA 2015

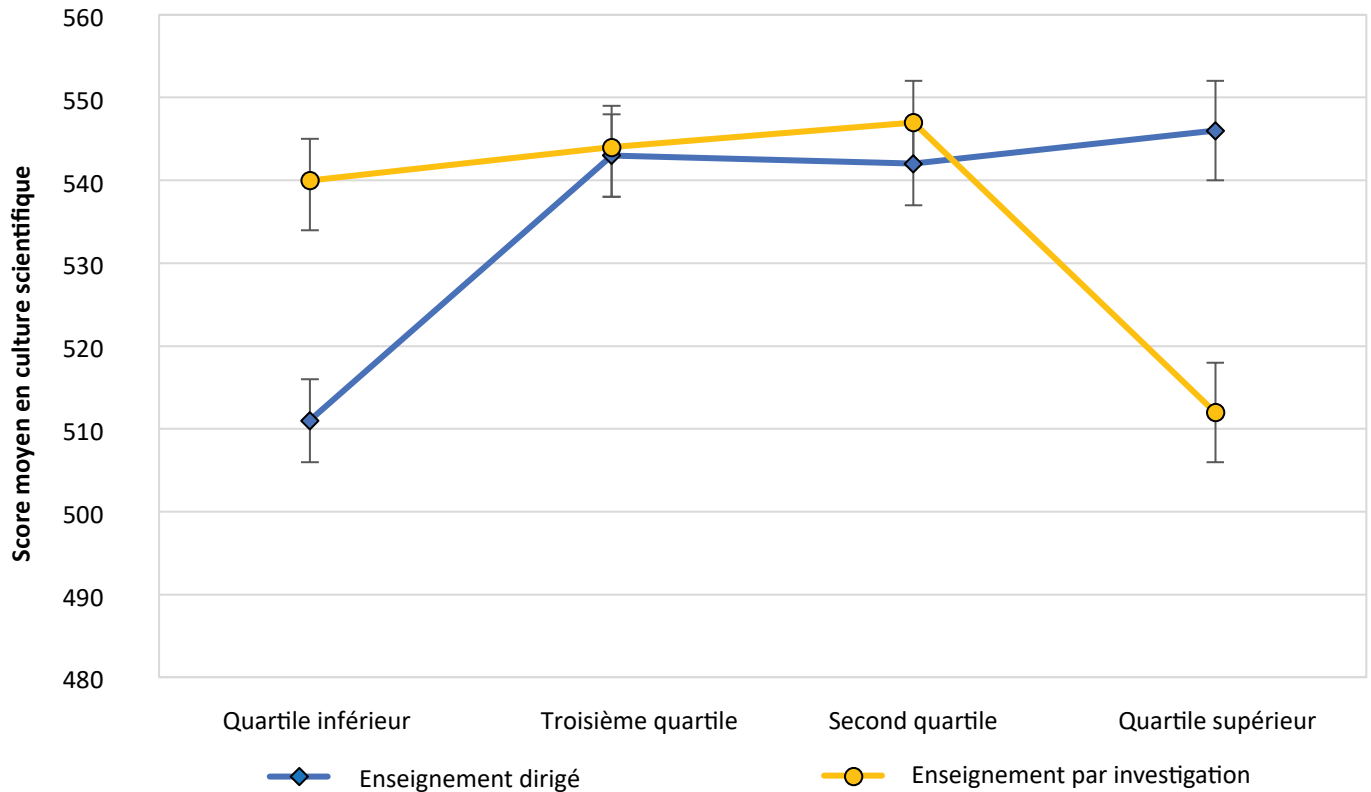


Pratiques d'enseignement et résultats à l'évaluation de la culture scientifique

Rappelons que les élèves ont répondu plus positivement (exposition plus fréquente) aux items de l'indice de l'enseignement dirigé (0,37 au Canada, figure 2) qu'aux items de l'indice d'enseignement par investigation (0,28 au Canada, figure 4). L'analyse statistique des associations entre les indices et les résultats en science au PISA révèle des effets différents. L'indice d'enseignement dirigé est associé positivement aux résultats en science au PISA, alors que l'association est négative dans le cas de l'indice d'enseignement par investigation.

Compte tenu des variations obtenues par quartile au chapitre des attitudes, la même analyse est ici reprise pour les résultats à l'évaluation de la culture scientifique. La figure 7 présente les résultats en science du PISA associés aux différents quartiles des indices d'enseignement dirigé et d'enseignement par investigation au Canada. Les élèves du quartile inférieur de l'indice de l'enseignement dirigé, qui ont indiqué que leur enseignante ou enseignant utilisait moins fréquemment les pratiques d'enseignement dirigé, ont obtenu des résultats en science plus faibles comparativement à ceux de leurs pairs qui ont indiqué une utilisation plus fréquente de ces méthodes d'enseignement en classe. L'analyse démontre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative quant aux résultats en science obtenus aux quartiles suivants, ce qui laisse présager peu de gains au chapitre des résultats au-delà d'un certain seuil d'exposition aux pratiques d'enseignement dirigé. L'effet contraire s'observe en ce qui concerne l'indice de l'enseignement par investigation. Pour cet indice, c'est le quartile supérieur qui se distingue nettement par le résultat le plus faible, les précédents quartiles affichant de très faibles variations au regard des résultats en science.

FIGURE 7 Lien entre le rendement en culture scientifique et la pratique d'enseignement, selon le quartile



L'investigation scientifique ne s'oppose pas à l'enseignement dirigé; l'enseignante ou l'enseignant peut guider les élèves en leur demandant par exemple de faire certaines observations spécifiques ou en exigeant des explications sur un phénomène. Suivant le degré d'ouverture des activités (autonomie des élèves) et le niveau d'intervention de l'enseignante ou l'enseignant, on peut distinguer des investigations plus ou moins avancées, avec un effet plus ou moins important sur le rendement et sur les attitudes envers les sciences (Jiang et McComas, 2015). Certaines études ont également démontré empiriquement que les élèves qui bénéficient d'un mélange des approches dirigées et d'investigation obtiennent de meilleurs résultats en science (Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta et Granger, 2010; Chen, Bae, Battista, Qin, Chen, Evans et Menon, 2018).

Un environnement d'apprentissage qui présente des activités novatrices et stimule l'engagement de l'élève dans ses apprentissages, où une variété de stratégies d'enseignement permet de rejoindre un plus grand nombre de profils d'apprenantes et apprenants, permettrait le développement et le maintien d'attitudes positives envers les sciences.

L'efficacité de l'enseignement repose sur la combinaison de ces facteurs, et non sur l'un d'entre eux en particulier. Par exemple, les élèves ne font pas aisément de liens entre les représentations multiples par eux-mêmes pendant les activités scientifiques et fournissent souvent des explications disparates pour les mêmes phénomènes qui leur sont présentés dans le laboratoire et dans la classe (O'Grady-Morris, 2008). Ainsi, des instructions minimalement dirigées, comme la recherche scientifique plus ouverte, peuvent être moins efficaces et efficientes que les processus pédagogiques qui dirigent l'apprentissage des élèves, puisqu'il est nécessaire d'aider les élèves à faire des liens explicites entre leurs observations et les modèles abstraits qui sont utilisés pour expliquer les principes scientifiques. Souvent, les enseignantes et enseignants tiennent pour acquis que les élèves ont fait des liens implicites entre le contenu des leçons et leurs connaissances antérieures au cours de leur travail dans le cadre du processus expérimental, mais le développement de connaissances conceptuelles est aussi éclairé par des idées fausses fortement implantées et persistantes qui résultent de la généralisation excessive de la théorie scientifique (O'Grady-Morris, 2008; O'Grady-Morris et Nocente, 2009). Il ne suffit donc pas de mettre en place un enseignement des sciences basé uniquement sur la recherche et l'investigation pour observer chez les élèves de meilleures performances. Cela doit être conjugué à un climat de soutien en classe et à une gestion de classe claire et structurée. Dans cette perspective, il n'est donc pas pertinent d'opposer l'enseignement direct et l'enseignement basé sur l'investigation scientifique en tant que pratiques antagonistes. Selon Hasni *et al.* (2018), l'un des enjeux importants en éducation scientifique est d'amener progressivement les élèves à prendre en charge de manière autonome les activités d'investigation. Les stratégies d'étayage (telles que le questionnement, la reformulation, l'incitation à dire ou à réfléchir et la confrontation entre plusieurs énoncés) permettent, dans ce contexte, d'appuyer l'acquisition des concepts et de maintenir un niveau d'intérêt et de plaisir.

BIBLIOGRAPHIE

- AINLEY, M. et J. AINLEY (2011). « Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science », *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), p. 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.08.001>
- BLANCHARD, M. R., S. A. SOUTHERLAND, J. W. OSBORNE, V. D. SAMPSON, L. A. ANNETTA et E. M. GRANGER (2010). « Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction », *Science Education*, 94(4), p. 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- BOCQUILLON, M., A. DEROBERTMASURE et M. DEMEUSE (2018). *Les recherches sur l'enseignement efficace en bref*. https://www.enseignementexplicite.be/WP/wordpress/wp-content/uploads/WP06_2019_Guide-2-enseignement-efficace-2019-2020-2.pdf
- CHEN, L., S. R. BAE, C. BATTISTA, S. QIN, T. CHEN, T. M. EVANS et V. MENON (2018). « Positive Attitude Toward Math Supports Early Academic Success: Behavioral Evidence and Neurocognitive Mechanisms », *Psychological Science*, 29(3), p. 390-402. <https://doi.org/10.1177/0956797617735528>
- CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION (CANADA) [CMEC] (2013). *Parlons d'excellence : compétences linguistiques pour un enseignement efficace*. <http://www.deslibris.ca/ID/240854>
- FURTAK, E. M., T. SEIDEL, H. IVERSON et D. C. BRIGGS (2012). « Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis », *Review of Educational Research*, 82(3), p. 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- HASNI, A., V. BELLETÈTE et P. POTVIN (2018). *Les démarches d'investigation scientifique à l'école : un outil de réflexion sur les pratiques de classe* (Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences [CREAS], Université de Sherbrooke). https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/Demarches_Investigation_Hasni_Belletete_Potvin_2018.pdf
- HATTIE, J. (2012). *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. Routledge
- HOFSTEIN, A. et V. N. LUNETTA (2004). « The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century », *Science education*, 88(1), p. 28-54
- JIANG, F. et W. F. MCCOMAS (2015). « The Effects of Inquiry Teaching on Student Science Achievement and Attitudes: Evidence from Propensity Score Analysis of PISA Data », *International Journal of Science Education*, 37(3), p. 554-576
- KLIEME, E., C. PAULI et K. REUSSER (2009). « The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms », *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom* (p. 137-160). BoD – Books on Demand
- KRAPP, A. et M. PRENZEL (2011). « Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings », *International Journal of Science Education*, 33(1), p. 27-50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- MOSTAFA, T., A. ECHAZARRA et H. GUILLOU (2018). *The science of teaching science: An exploration of science teaching practices in PISA 2015* (N° 188). [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=EDU/WKP\(2018\)24&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=EDU/WKP(2018)24&docLanguage=En)
- NATIONAL FOUNDATION FOR EDUCATIONAL RESEARCH (s. d.). *PISA in Practice - Cognitive Activation in Maths: How to Use it in the Classroom*. <https://www.nfer.ac.uk/pisa-in-practice-cognitive-activation-in-maths-how-to-use-it-in-the-classroom>
- O'GRADY-MORRIS, K. (2008). « Students' understandings of electrochemistry », mémoire de doctorat, *Dissertation Abstracts International*, Université de l'Alberta, vol. 70, n° 2, p. 523
- O'GRADY-MORRIS, K. et N. NOCENTE (2009). « Procedural knowledge versus conceptual knowledge: Exploring student understanding of voltaic cells », *Alberta Science Education Journal*, vol. 39, n° 2, p. 4-9

- ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (OCDE) [2008]. *Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies*. <https://doi.org/10.1787/9789264040892-en>
- ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (OCDE) [2017]. *Résultats du PISA 2015 (Volume II) - Politiques et pratiques pour des établissements performants*. <https://www.oecd.org/fr/publications/resultats-du-pisa-2015-volume-ii-9789264267558-fr.htm>
- ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (OCDE) [2018]. *Cadre d'évaluation et d'analyse de l'enquête PISA 2015 - Compétences en sciences, en compréhension de l'écrit, en mathématiques et en matières financières*. <https://doi.org/10.1787/9789264259478-fr>
- OSBORNE, J., S. SIMON et S. COLLINS (2003). « Attitudes towards science: A review of the literature and its implications », *International Journal of Science Education*, 25(9), p. 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- SAVELSBERGH, E. R., G. T. PRINS, C. RIETBERGEN, S. FECHNER, B. E. VAESSEN, J. M. DRAIJER et A. BAKKER (2016). « Effects of innovative science and mathematics teaching on student attitudes and achievement: A meta-analytic study », *Educational Research Review*, 19, p. 158-172. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.07.003>