

# Eclairage scientifique

## L'investigation et l'éducation aux sciences

### 1. Qu'est-ce que l'on entend par investigation ?

Les situations d'investigation dans l'enseignement des sciences engagent les élèves – avec leur enseignant, individuellement ou de façon collaborative – à :

- formuler des questions ;
- examiner différentes sources pour identifier les connaissances déjà établies ;
- collecter et analyser des données via l'observation, l'expérimentation, la modélisation ;
- raisonner sur la signification des résultats obtenus ;
- formaliser et mettre en relation les connaissances acquises ;
- les utiliser dans des cas concrets, y compris dans l'argumentation ou dans l'examen d'opinions, d'idées, de croyances (Barron & Darling-Hammond, 2008 ; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007 ; NRC, 1996).

Les situations d'investigation mettent l'accent sur les compétences propres à une démarche de type scientifique, mais également sur les notions de sciences à acquérir pour pouvoir raisonner et comprendre le réel.

Elles rapprochent ainsi concrètement les élèves de la façon dont les sciences produisent leurs connaissances, et cherchent à favoriser des attitudes et des connaissances épistémiques (Harlen, 2021).

Les situations d'investigation peuvent s'intégrer à différentes modalités d'enseignement, car les procédures, le raisonnement et les démarches propres à la science peuvent être proposés d'une manière plus ou moins guidée, en raison des connaissances et des compétences déjà maîtrisées par les élèves.

### 2. Pourquoi l'investigation a-t-elle sa place dans l'enseignement des sciences ?

Il existe plusieurs bonnes raisons de mettre en place des situations d'investigation dans l'enseignement des sciences.

- Une raison épistémologique, qui concerne la spécificité de la science en tant qu'activité de production de connaissances. La science se caractérise par l'importance donnée aux méthodes expérientielles et argumentatives – d'observation, d'expérimentation, de modélisation, d'échange avec les pairs – dans la construction et la validation des savoirs. Afin de comprendre l'activité scientifique, il est nécessaire d'en connaître les caractéristiques, voire d'en faire l'expérience directe, d'où la nécessité d'exposer les élèves à des formes simplifiées de recherche scientifique leur permettant de se constituer une culture ou littératie scientifique (Greene & Yu, 2016).

- Une raison cognitive. Dès la prime enfance, les êtres humains font preuve de formes de raisonnement et d'exploration qui constituent des précurseurs des processus de pensée et d'investigation à l'œuvre dans la science professionnelle. La science naïve, spontanée, et celle professionnelle se distinguent par plusieurs aspects, car le raisonnement et l'investigation scientifiques professionnels sont le fruit d'une longue évolution culturelle. Il est tout aussi important de permettre aux élèves de vivre des moments d'exploration libre que de veiller à les outiller explicitement de stratégies raffinées de raisonnement et d'investigation, de la même manière qu'il est important de les guider afin qu'ils développent – progressivement – une compréhension de la réalité qui prend les distances des intuitions incorrectes (Gopnik, 2012 ; Greene, Sandoval & Braten, 2016 ; Morris et al., 2012 ; Shtulman & Walker, 2020).
- Une raison sociétale. Le raisonnement de type scientifique participe au développement de la pensée critique en tant que capacité à sélectionner des informations correctes – fondées sur des preuves de qualité, des arguments solides – et à comprendre la différence entre connaissances – produites par des méthodes rigoureuses et faisant consensus au sein de la communauté des spécialistes – et simples opinions (Greene & Yu, 2016).
- Une raison fondée sur les résultats de la recherche. Plusieurs études expérimentales, recensées en particulier par deux méta-analyses, ont montré que les interventions pédagogiques ayant recours à l'investigation ont des effets significativement positifs sur l'apprentissage des sciences (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012 ; Lazonder & Harmsen, 2016). Cependant, ce résultat est soumis à la condition que l'investigation soit fortement structurée, et fasse l'objet du guidage et de l'explicitation nécessaires pour que tous les élèves puissent en tirer profit (Hmelo-Silver, Duncan & Chin, 2007 ; Aditomo & Klieme, 2020 ; Jerrim et al., 2022).

## 3. Est-ce que l'investigation est toujours efficace ?

Nous venons de citer deux méta-analyses (ce mot indiquant des synthèses de plusieurs articles de recherche scientifique) qui nous confortent dans l'idée que des formes d'investigation de type scientifique – c'est-à-dire de manipulation ou de formes de raisonnement et de procédures propres à la science – ont leur place en classe. Sans nier l'importance de la manipulation et de l'engagement actif des élèves, d'autres études et synthèses de la littérature s'opposent cependant à l'idée que tout type de pédagogie incluant de l'investigation serait productive (voir par exemple : Mayer, 2004 ; Klahr & Nigam, 2004 ; Kirschner, Sweller & Clark, 2006 ; Gurria, 2016 ; Pena-Lopez, 2016 ; Rönnebeck et al., 2016). Comment expliquer cet antagonisme ?

### 3.1 Une variété de formes d'investigation

Une explication à ce désaccord entre chercheurs réside dans le fait que le terme « investigation » n'a pas une signification univoque, et que les approches pédagogiques qui se disent fondées sur l'investigation présentent de fait une grande variabilité à la fois au niveau des stratégies pédagogiques qu'elles préconisent et dans la manière dont celles-ci sont mises en pratique dans la classe, voire dans les objectifs affichés. Ainsi, la littérature scientifique oppose souvent de manière nette les méthodes dites « actives » ou « par l'investigation » ou « de la découverte » aux méthodes « dirigées » ou « directes » ou « explicites ». Ces dernières peuvent alors se voir associées, pour les dénigrer, à une image caricaturale d'enseignement frontal, où l'élève se limite à écouter un cours magistral. Alors que les approches dites « par l'investigation » se voient associer, encore une fois de façon caricaturale, à des situations pédagogiques où l'enseignant se limite à proposer des problèmes à résoudre à l'élève et du matériel pour ce faire. L'expression « enseignement fondé sur l'investigation » recouvre en réalité des approches et des pratiques diverses, composites et rarement pures, parfaitement compatibles avec des modalités explicites et guidées d'enseignement. Ceci rend particulièrement difficiles la comparaison et la synthèse des résultats des recherches empiriques concernant l'efficacité des approches fondées sur l'investigation.

En premier lieu, les pratiques pédagogiques qui se disent basées sur l'investigation se distinguent par le **rôle** donné à cette dernière dans l'apprentissage (voir Cairns & Areepattamannil, 2019) ; l'investigation peut en effet être conçue comme :

1. Un objet ou un objectif d'apprentissage. Il s'agit dans ce cas de développer la capacité des élèves à mener des investigations de type scientifique (même simplifiées) et à raisonner de manière plus scientifique (enseignement *des procédures d'investigation* scientifique).
2. Un moyen ou une situation pédagogique visant à modéliser, et par là à faire comprendre, l'activité scientifique en tant qu'activité de production des connaissances (enseignement fondé *sur l'investigation* pour favoriser les connaissances épistémiques sur la science).
3. Une approche pédagogique pour faire acquérir des connaissances scientifiques (enseignement des connaissances scientifiques *à travers* l'investigation).

Deuxièmement, au sein de chaque rôle que peut prendre l'investigation en cours de sciences, celle-ci peut être proposée de différentes manières, et notamment avec un **degré variable de guidage, de structuration et d'explicitation, ainsi que d'évaluation** (Ronnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016).

Par ailleurs, et pour des raisons parfois historiques, l'investigation est souvent **confondue avec d'autres approches pédagogiques** dites « actives » (encore un terme mal défini en pédagogie) telles que l'apprentissage par la découverte (par définition non guidée) ou avec des concepts ambigus, comme celui d'« apprentissage centré sur l'élève », qui risque de faire penser que ce que fait l'enseignant en termes de planification, structuration, guidage, explicitation des connaissances n'a qu'un rôle secondaire par rapport aux activités des élèves. Y compris le terme anglophone *hands on* qui peut faire croire que ce qui importe dans l'investigation est d'être actif avec son corps, alors que le but recherché est bien celui d'être cognitivement engagé.

L'étude OECD-PISA 2015 a tenté une comparaison entre méthodes dites « directes » et approche par l'investigation. Il faut d'abord rappeler que les études PISA ne constituent pas des dispositifs expérimentaux permettant de comparer différentes méthodes d'instruction, mais des enquêtes corrélationnelles qui mesurent les résultats des élèves à un instant T, et permettent de comparer ces résultats dans le temps et entre pays.

En 2015 donc, l'enquête PISA a cherché à établir des corrélations entre les résultats des élèves aux tests et le fait d'avoir été exposés, au cours de leur scolarité, i. à des méthodes d'enseignement plutôt directes ou ii. plutôt basées sur l'investigation, iii. à un enseignement avec feed-back et iv. à un enseignement adapté en fonction des besoins. Ainsi, neuf gestes ont été repérés comme étant des indicateurs de l'utilisation d'une approche basée sur l'investigation, et les élèves ont eu à dire si, oui ou non, ils avaient été exposés à chacun de ces gestes. L'étude de 2015 a suscité la polémique autour du constat que les élèves qui déclarent avoir été majoritairement exposés à certains gestes indicateurs d'une éducation basée sur l'investigation ont obtenu des résultats négatifs aux tests, notamment par rapport aux élèves ayant été exposés à des gestes propres aux méthodes directes (il s'agit notamment de gestes tels que : « concevoir ses propres expériences », « mettre ses idées au test de l'expérience », « pratiquer des expériences en laboratoire »). Ceci n'est pas vrai pour tous les gestes associés à l'investigation, car « expliquer comment un principe du cours de sciences peut s'appliquer à d'autres phénomènes », « expliquer comment un apprentissage en sciences peut se révéler utile dans la vie », « laisser les élèves exprimer leurs idées » s'associent plutôt à des résultats positifs. Cependant, l'enquête a également confirmé la forte variabilité qui existe dans les modalités de mise en pratique de l'investigation en classe et a bien mis en évidence la variété de gestes pédagogiques à prendre en compte pour une pratique efficace, difficilement réductible à une seule « méthode » (pour une analyse détaillée des résultats PISA 2015 en sciences et en relation avec l'approche par l'investigation, voir [Lena, 2021](#)).

## 3.2 L'importance du guidage, de la structuration, de l'explicitation

Un certain nombre d'études empiriques ont établi que l'apprentissage non guidé ou très peu guidé est moins efficace, voire néfaste pour des élèves en difficulté, par rapport à une approche guidée, *qu'il s'agisse d'apprendre des procédures liées à l'investigation, de comprendre la nature de la science ou d'acquérir des concepts scientifiques* (Mayer, 2004). Ainsi, l'acquisition de concepts de sciences via l'investigation serait profitable, notamment une fois que les élèves possèdent des compétences suffisamment avancées, par exemple en fin de séance (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Alors que l'apprentissage de procédures liées à l'investigation et de connaissances relatives à la nature de la science n'exclurait point l'importance de l'explicitation et du guidage, à côté de l'expérience en première personne de formes simplifiées de démarches scientifiques (Klahr & Nigam, 2004 ; Martella, Klahr & Li, 2020 ; Matler & Klahr, 2013).

Une analyse ultérieure des données issues de l'étude PISA 2015 a pour sa part montré un petit effet positif des gestes les plus guidants associés à l'investigation. *L'investigation doit donc, selon les auteurs, être guidée et combinée avec d'autres approches plus directes, explicites* (Jerrim et al., 2020).

Toute connaissance ou compétence nouvelle à acquérir fait l'objet d'une focalisation de notre attention et transite dans notre mémoire de travail. Tout comme l'attention, la mémoire de travail est limitée et l'exploration libre d'un environnement très complexe peut générer une surcharge de notre mémoire de travail qui nuit à l'apprentissage. C'est ainsi que les approches pédagogiques qui mettent les élèves en situation de découverte peu ou pas guidée sont fortement critiquées par les représentants de la théorie de la charge cognitive (ex. : Paas, van Got & Sweller, 2010).

D'autres auteurs ont critiqué en particulier l'idée selon laquelle les élèves apprennent et comprennent uniquement lorsqu'ils « construisent » eux-mêmes, individuellement ou collectivement, leurs connaissances, notamment par le biais de recherches authentiques (approche dite « socioconstructiviste ») (Klahr & Nigam, 2004 ; Hattie & Yates, 2013 ; Rosenshine, 2012 ; Gauthier, Bissonnette & Richard, 2010). Ces auteurs défendent des méthodes ou approches dites « directes » ou « explicites ». Les approches directes ou explicites défendent le rôle central et actif de l'enseignant en tant que moteur du changement, et pas comme simple accompagnateur « sur le côté » : l'enseignant interroge, structure, supervise, évalue, donne des feedback, explicite les objectifs d'apprentissage (en termes de connaissances et de compétences) aussi bien que les contenus, montre et modélise (pense tout haut, fournit des exemples de problèmes déjà résolus) pour les élèves qui n'ont pas encore atteint l'autonomie (par exemple dans la planification d'un protocole scientifique correct) ; bref, il ou elle ne s'attend pas à ce que les élèves découvrent des procédures scientifiques par eux-mêmes ou les construisent en phase initiale, même si l'autonomie reste l'objectif.

Les méthodes explicites ne sont cependant pas à confondre avec un enseignement frontal, où l'élève écoute passivement l'enseignant, mais comportent plusieurs modalités d'engagement actif de l'élève. En effet, quelle que soit la façon d'enseigner, les élèves doivent pouvoir comprendre pourquoi il est important d'apprendre telle ou telle autre connaissance. Ils doivent donc être engagés cognitivement dans l'apprentissage, ce qui passe typiquement par le fait de se poser des questions, d'essayer d'expliquer, etc. (Fiorella & Mayer, 2015).

## 4. Conclusion. Rendre l'enseignement des sciences et l'investigation encore plus efficaces

En classe, on peut tout à fait faire cohabiter, à partir d'une réflexion anticipatrice liée au contexte et aux contenus des programmes, des formes d'investigation de type scientifique et des méthodes explicites où l'enseignant n'est pas simple accompagnateur, mais est le maître à bord, qui explicite les objectifs d'apprentissage (en termes de connaissances épistémiques, de compétences et de notions scientifiques), structure les tâches, montre, modélise, aide selon les besoins des élèves, supervise le travail en autonomie, évalue, donne des *feed-back*. L'investigation peut d'ailleurs être proposée par l'enseignant selon différentes modalités faisant appel à un degré variable de guidage, de structuration et d'explicitation.

D'autres gestes et stratégies pédagogiques ont fait leurs preuves au cours des dernières années et méritent d'être inclus dans le répertoire des gestes pédagogiques de l'enseignement des sciences. Elles sont issues de travaux de recherche sur les apprentissages et en sciences de l'éducation, ont été répertoriées par des organismes nationaux et internationaux, ou dans des synthèses de la recherche internationale (CSEN, 2023 ; Higgins et al., 2013 ; Hattie & Yates, 2013). Elles ont par exemple permis de mettre en évidence qu'il est important, dans un cours de sciences comme dans tout autre domaine d'enseignement, de proposer des moments d'évaluation pensés pour favoriser les apprentissages, et non pour les sanctionner. Ces recherches mettent également l'accent sur la prise en compte de certaines contraintes pour un travail cognitif efficace – contraintes liées à l'attention, à la mémoire de travail et, à long terme, à l'engagement métacognitif, à la confiance en soi, à la motivation, au changement de représentations et aux difficultés du transfert des apprentissages vers des contextes plus ou moins éloignés.

Plutôt que de vouloir opposer une « pédagogie » ou une « méthode » aux autres, il semble donc raisonnable, à la lumière des connaissances disponibles, de focaliser l'attention sur les gestes pédagogiques permettant de mener à bien des investigations avec les élèves, et de constituer un répertoire de gestes et de stratégies fondés sur la recherche et visant à permettre un travail efficace.

# Références

## Petit aperçu du débat à propos des méthodes éducatives fondées sur l'investigation dans l'enseignement des sciences

- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning. Book Excerpt. George Lucas Educational Foundation.
- Bissonnette, S., Richard, M., Gauthier, C., & Bouchard, C. (2010). Quelles sont les stratégies d'enseignement efficaces favorisant les apprentissages fondamentaux auprès des élèves en difficulté de niveau élémentaire ? Résultats d'une méga-analyse. *Revue de recherche appliquée sur l'apprentissage*, 3(1).
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How People Learn (Vol. 11). Washington, DC : National Academies press.
- Bressoux, P. (2022). Synthèse sur l'enseignement explicite. Notes du CSEN.
- Bybee, R. W. (2006). How Inquiry Could Contribute to the Prepared Mind. *The American Biology Teacher*, 68(8), 454-457.
- Chase, C. C., & Klahr, D. (2017). Invention Versus Direct Instruction : For Some Content, It's a Tie. *Journal of Science Education and Technology*, 26(6), 582-596.
- CSEN (2023). La boîte à idées du CSEN. <https://www.reseau-canope.fr/conseil-scientifique-de-education-nationale-site-officiel/outils-pedagogiques/boite-a-idees-du-csen.html>.
- Dean Jr, D., & Kuhn, D. (2007). Direct Instruction vs. Discovery: The Long View. *Science Education*, 91(3), 384-397.
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28, 717-741.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Gopnik, A. (2012). Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337(6102), 1623-1627.
- Greene, J. A., Sandoval, W. A., & Bråten, I. (Eds.). (2016). Handbook of Epistemic Cognition. Routledge.
- Greene, J. A., & Yu, S. B. (2016). Educating Critical Thinkers: The Role of Epistemic Cognition. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 45-53.
- Harlen, W. (2021). The Case for Inquiry-Based Science Education - IBSE. The InterAcademy Partnership (IAP).
- Hattie, J., & Yates, G. C. (2013). Visible Learning and the Science of How We Learn. Routledge.
- Higgins, S., Katsipatakis, M., Kokotsaki, D., Coleman, R., Major, L. E., & Coe, R. (2013). The Sutton Trust - Education Endowment Foundation Teaching and Learning Toolkit. Manual. Education Endowment Foundation, London.
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.

- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Unguided Learning Does not Work: An Analysis of the Failure of Discovery Learning, Problem-Based Learning, Experiential Learning and Inquiry-Based Learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D., & Li, J. (2005) Cognitive Research and Elementary Science Instruction: From the Laboratory, to the Classroom, and Education Review. <http://www.edrev.info> 5 Back. *Journal of Science Education and Technology*, 4, 217-238.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction: Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological science*, 15(10), 661-667.
- Klahr, D. (2009). To Everything There is a Season, and a Time to Every Purpose Under the Heavens: What about Direct Instruction? In Tobias, S., & Duffy, T. M. (Eds.), *Constructivist Instruction: Success or Failure?* (pp. 291-310). New York: Routledge.
- Klahr, D. (2010). Coming Up for Air: But Is It Oxygen or Phlogiston? A Response to Taber's Review of Constructivist Instruction: Success or Failure? Vol. 13 No. 13. *Education Review*.
- Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What Needs to Develop in the Development of Inquiry Skills?. *Cognition and Instruction*, 26(4), 512-559.
- Kuhn, D. (2007). Is Direct Instruction an Answer to the Right Question?. *Educational Psychologist*, 42(2), 109-113.
- Ku, K. Y., Ho, I. T., Hau, K. T., & Lai, E. C. (2014). Integrating Direct and Inquiry-Based Instruction in the Teaching of Critical Thinking: an Intervention Study. *Instructional Science*, 42(2), 251-269.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.
- Martella, A. M., Klahr, D., & Li, W. (2020). The Relative Effectiveness of Different Active Learning Implementations in Teaching Elementary School Students How to Design Simple Experiments. *Journal of Educational Psychology*, 112(8), 1582.
- Matlen, B. J., & Klahr, D. (2013). Sequential Effects of High and Low Instructional Guidance on Children's Acquisition of Experimentation Skills: Is It all in the Timing?. *Instructional Science*, 41(3), 621-634.
- Mayer, R. E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning?. *American Psychologist*, 59(1), 14.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The Emergence of Scientific Reasoning. In *Current Topics in Children's Learning and Cognition*. IntechOpen.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academies Press.
- Paas, F., Van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory : New Conceptualizations, Specifications, and Integrated Research Perspectives. *Educational Psychology Review*, 22, 115-121.
- Rosenshine, B. (2012). Principles of Instruction: Research-Based Strategies That All Teachers Should Know. *American Educator*, 36(1), 12.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a Common Ground - A Literature Review of Empirical Research on Scientific Inquiry Activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197.
- Shtulman, A., & Walker, C. (2020). Developing an Understanding of Science. *Annual Review of Developmental Psychology*, 2, 111-132.

- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T. Y., & Lee, Y. H. (2007). A Meta-Analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(10), 1436-1460.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Tanner, K. D. (2013). Structure Matters: Twenty-One Teaching Strategies to Promote Student Engagement and Cultivate Classroom Equity. *CBE-Life Sciences Education*, 12(3), 322-331.
- Tobias, S., T. M. Duffy, & T. M. (2009) *Constructivist Theory Applied to Instruction: Success or Failure?*. New York: Routledge.

### **Petit aperçu du débat autour du rapport PISA 2015 en relation avec l'enseignement des sciences**

- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of Inquiry-Based Science Instruction and Their Relations With Learning Outcomes: Evidence from High and Low-Performing Education Systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525.
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the Relations of Inquiry-Based Teaching to Science Achievement and Dispositions in 54 Countries. *Research in Science Education*, 49, 1-23.
- Forbes, C. T., Neumann, K., & Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of Inquiry-Based Science Instruction and Student Science Achievement in PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 42(5), 783-806.
- Gurria, A. (2016). PISA 2015 Results in Focus. *PISA in Focus*, (67), 1.
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2022). The Relationship Between Inquiry-Based Teaching and Students' Achievement. New Evidence from a Longitudinal PISA Study in England. *Learning and Instruction*, 80, 101310.
- Léna, P. (2017). La pédagogie d'investigation et l'enquête PISA 2015. *BUP*.
- Oliver, M., McConney, A., & Woods-McConney, A. (2019). The Efficacy of Inquiry-Based Instruction in Science: A Comparative Analysis of Six Countries Using PISA 2015. *Research in Science Education*, 1-22.
- Osborne, J., & Millar, R. (2017). PISA 2015 : Findings and Some Implications for UK Science Education. *School Science Review*, 98(365), 31-40.
- Peña-López, I. (2016). PISA 2015 Results (Volume II). Policies and Practices for Successful Schools.
- Sjøberg, S. (2018). The Power and Paradoxes of PISA: Should Inquiry-Based Science Education Be Sacrificed to Climb on the Rankings?. *Nordic Studies in Science Education*, 14(2), 186-202.

---

## Auteurs

Elena PASQUINELLI

## Date de publication

Septembre 2023

## Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



*Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.*

## Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : [www.fondation-lamap.org](http://www.fondation-lamap.org)

---