

Introduction

L'éducation scientifique face à la diversité des visions du monde

Laurence MAURINES¹ et Abdelkrim HASNI²

¹ EST, Université Paris-Saclay, Orsay, France

² CREAS-CRIDid, Université de Sherbrooke, Canada

Au cours des dernières décennies, l'enseignement scientifique à travers le monde a vu ses missions se renouveler. Il ne s'agit plus uniquement de favoriser et soutenir l'orientation vers les métiers scientifiques mais aussi de permettre l'acquisition par tout citoyen d'une culture scientifique. La littérature consacrée à cette expression polysémique et dont la traduction en anglais soulève des problèmes est abondante. En majorité anglo-saxonne, elle présente différentes conceptualisations qui se distinguent également par leurs visées. Roberts (2007) propose de penser les différentes appréhensions de l'expression comme un *continuum* compris entre deux grandes visions. La première est pensée à partir des disciplines académiques et centrée essentiellement sur l'acquisition de savoirs scientifiques, la seconde à partir des contextes de la vie quotidienne. Certains des auteurs qui défendent cette deuxième vision (courant de recherche STS : sciences-technologies-sociétés) soulignent que la culture scientifique doit permettre aux futurs citoyens non seulement de comprendre mais aussi d'agir et/ou de s'engager de manière responsable dans la résolution des problèmes impliquant les sciences et les techniques auxquels nos sociétés contemporaines sont confrontées (énergie, climat, alimentation, etc.). Ils qualifient cette culture de fonctionnelle (Allchin 2013) ou critique (Hodson 2009), certains la présentant comme une troisième vision (Liu 2013). D'autres auteurs encore visent une plus grande équité d'accès aux sciences et, intégrant une dimension culturelle dans leur réflexion, convoquent le concept de

*worldviews*¹ (Cobern et Aikenhead 1998). Plus récemment, des auteurs articulent ces deux approches (STS et *worldviews*) et, promouvant eux aussi l'engagement dans une société démocratique, pointent de plus l'empathie et la solidarité avec les autres, « la transformation tout à la fois des sujets/individus/citoyens et de la société tout entière pour la soutenabilité » (Sjöström et Eiks 2018, p. 73). D'autres encore (Höttecke et Allchin 2020 ; Osborne et Allchin 2024) attirent l'attention sur la désinformation grandissante et appellent à articuler l'enseignement scientifique et une éducation à la communication dans différentes sphères (scientifique, médias, réseaux sociaux).

Cette littérature sur la culture scientifique nourrit différents textes institutionnels, en particulier ceux émanant de l'OCDE et relatifs aux tests PISA qui, depuis vingt-cinq ans, cherchent à l'évaluer auprès d'élèves de 15 ans à travers le monde. Chacun des textes de cadrage éclaire des points particuliers de cette culture, l'ensemble évoluant vers une appréhension plus riche et davantage en prise avec le monde contemporain. Après les connaissances épistémologiques² en 2006 et 2012, la pensée critique et la pensée créative en 2023, la session 2025 pointe une compétence relative à l'information scientifique dans un contexte médiatique. Elle l'introduit dans un cadrage renouvelé intitulé « L'agentivité à l'époque de l'anthropocène » qui invite à changer de vision du monde et à appréhender l'être humain comme inscrit et non plus séparé de lui, et à examiner des perspectives apportées par différentes cultures.

Les textes réunis ici invitent à penser l'enseignement, en particulier scientifique, dans ce contexte à partir de recherches en sciences de l'éducation et de l'information relevant de différentes disciplines académiques (didactiques des sciences, de l'histoire et de l'éthique, philosophie de l'éducation, sociologie, etc.). Provenant de pays francophones (France, Belgique, Suisse, Canada, Tunisie), et donc ancrés (aussi) dans la littérature francophone, leur choix repose, entre autres, sur le souci de penser, l'éducation scientifique en n'isolant pas la science (ou les sciences)³ des sociétés et des cultures et en portant attention à la fois à la communauté scientifique et au scientifique lui-même⁴. Avant de présenter ces onze textes, nous apportons des éléments de réponse aux deux grandes catégories de questions qui sous-tendent ce volume :

-
1. Ensemble des croyances à propos de la réalité, de soi et des autres, qui fondent et orientent la perception, la pensée et l'action.
 2. Ce sont des connaissances sur la nature du savoir scientifique et de ses modalités d'élaboration et sur ce qui le distingue de « savoirs » d'autres domaines et pratiques.
 3. Selon Soler (2009, p. 16 et 18) : « Parler de la science au singulier, c'est se référer à l'idée générale de scientificité [...]. Mentionner les sciences au pluriel, c'est sous-entendre l'existence d'une multitude de disciplines qui d'un côté diffèrent, de l'autre sont semblables en ce qu'elles sont des instanciations particulières de l'idée de science. »
 4. Dans le respect des consignes de l'éditeur, le masculin est utilisé pour désigner aussi bien le masculin que le féminin.

– qu’est-ce que la science ? Qu’est-ce qu’un scientifique considéré comme une personne engagée dans la pratique scientifique ? Quels sont les rapports de la science à la société et à d’autres formes de pensée et de pratiques, en particulier celles associées à certaines pratiques culturelles (religions, cultures autochtones, médias, réseaux sociaux) ?

– comment penser et définir la science à des fins d’enseignement ? Comment développer la pensée critique des élèves et étudiants pour leur permettre notamment de comprendre différentes visions du monde, et pour gérer les rapports des sciences aux autres formes de pensée et pratiques ?

1.1. La science et le scientifique : quelques éléments de cadrage théorique

1.1.1. La science comme pratiques de communautés et cultures

La science est un mode de connaissance du monde interrogé depuis son émergence. Schématiquement, elle peut être considérée comme une entreprise de production de connaissances sur le monde collectivement validées sur le plan théorique (des idées) et empirique (des objets et des phénomènes). Ces connaissances permettent de le comprendre et de prévoir son évolution, d’agir et de le transformer. Les éléments que nous présentons ci-dessous visent à déconstruire les stéréotypes associés à la science et aux scientifiques⁵, et à pointer la reconnaissance des dimensions humaine, sociale et culturelle des sciences, et l’abandon d’une vision purement rationnelle de cette activité humaine.

Un changement d’approche est en effet apparu dans le champ de l’épistémologie dans les années 1960-1970 en réponse aux critiques adressées à la vision trop normative et idéalisée des sciences proposée par la philosophie des sciences à cette époque, en particulier dans le monde anglo-saxon où l’empirisme ou positivisme logique était particulièrement développé. Ces critiques portaient à la fois sur la nature du savoir scientifique et la méthode scientifique. Si quelques penseurs, tel Karl Popper (1902-1994), « restent résolument sur le terrain de la logique » d’autres comme Thomas Kuhn (1922-1996), « sensibilisés aux travaux de la tradition française des sciences incarnée

5. Les travaux sur les représentations des élèves, étudiants et enseignants repèrent une vision mosaïque, empirico-inductive et réaliste « naïve » des sciences de la nature, même dans le cas où la dimension sociale du processus de construction des savoirs scientifiques est envisagée (Désautels et Laroche 1989 ; Driver *et al.* 1996). Les scientifiques sont perçus comme visant « la découverte d’une réalité objective et certaine (ou vraie) existant indépendamment du monde éprouvé par l’individu et social » (Deng *et al.* 2011, p. 964), devant être sans préjugé, objectifs et logiques (Ryan 1987).

par Gaston Bachelard⁶ (1884-1962) et Alexandre Koyré (1892-1964) mobilisent l'histoire des sciences afin d'expliquer la dynamique des sciences non plus simplement d'un point de vue cognitif mais en tenant compte de facteurs sociaux » (Shinn et Ragouet 2005, p. 56). À travers son ouvrage très influent intitulé « La structure des révolutions scientifiques » (1972, première édition en 1962) et le concept de paradigme scientifique dont il trouve une réassurance dans la lecture du travail précurseur et oublié de Ludwig Fleck (1896-1961)⁷, Kuhn a grandement contribué à mettre en lumière l'importance du tacite et de la dimension sociale des sciences. Désignée par l'appellation de « tournant pratique » (Soler *et al.* 2014) et se développant particulièrement à partir des années 1990, cette approche consiste à s'intéresser aux sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein de différentes communautés. Elle ne centre plus l'interrogation sur les savoirs déjà établis et sur ce qui les garantit et les fonde mais sur les processus et contextes d'élaboration de ces savoirs et tient compte d'aspects matériels, collectifs, psychosociaux, tacites, etc.

Selon les problèmes explorés et les orientations retenues, les chercheurs qui s'intéressent aux sciences mobilisent à des degrés divers les différentes disciplines qui les étudient (philosophie, histoire, sociologie, etc.). Comme le notent Soler *et al.* (2014), il n'y a pas un tournant mais des tournants pratiques qui relèvent de différentes orientations et ont aussi des points communs. Il s'agit ici de l'« l'histoire d'une épistémologie⁸ contemporaine qui a progressivement abandonné les “dogmes de l'empirisme” » (Laugier 2003, p. 482). Les chercheurs sur les sciences partagent le souci méthodologique de produire des descriptions détaillées des actions et des raisonnements tels qu'ils se produisent dans la situation étudiée, de considérer les incertitudes et contradictions et plus largement les aspects oubliés une fois les controverses closes et les faits établis. Ils conçoivent la science comme une forme de culture, ayant ses pratiques propres, chaque communauté pouvant être considérée comme ayant les siennes. C'est la conception universaliste et moniste de la science qui a longtemps prévalu qui selon Knorr Cetina (2005, p. 66) a entravé cette appréhension de la science comme culture : « If there was only one scientific method and one knowledge, how could the notion of culture apply to science ? » Les chercheurs pointent la pluralité des sciences et la diversité des pratiques scientifiques.

6. Bachelard (1938, 1940) a exercé une influence majeure sur la philosophie des sciences et la didactique des sciences francophone. À travers le concept d'obstacle épistémologique, il souligne que penser scientifiquement n'est pas un processus spontané de l'être humain tant sur le plan historique qu'individuel. La naissance du concept scientifique résulte d'un effort et d'un travail intellectuel qui impliquent une rupture avec la pensée commune et immédiate.

7. Dans les années 1930, Ludwig Fleck publia « La genèse et le développement d'un fait scientifique » dans lequel il introduit le concept de collectif de pensée. Voir également l'article de Braunstein « Thomas Kuhn lecteur de Ludwig Fleck » (Braunstein 2003).

8. Dans la suite du texte, nous accordons au mot « épistémologie » le sens de méta-discipline qui étudie la nature des savoirs scientifiques et de leurs modes d'élaboration en mobilisant toutes les approches d'études des sciences (philosophie, histoire, sociologie, psychologie, etc.).

1.1.2. Le scientifique : une personne agissant en scientifique

Si la majorité des études sur les sciences relève des champs de la philosophie, de l'histoire et de la sociologie des sciences, d'autres contribuent depuis une trentaine d'années au développement du champ d'apparition plus récente de la psychologie des sciences (Feist et Gorman 1998). Les travaux qui étudient les sciences en prenant comme entrée le scientifique le saisissent sous le seul angle cognitif ou l'appréhendent en faisant appel à d'autres dimensions du sujet, affective par exemple, tel Holton (1975) qui repère des préférences dans les *themata* ou types d'explications fondamentales (exemple : continuité *versus* discontinuité) chez des physiciens du passé. Certains travaux sont centrés sur l'argumentation, celle-ci étant pensée comme une caractéristique de la science (*science as argument*) (Kuhn 1993) et ne relevant pas de la seule logique mathématique mais d'un raisonnement dit informel obéissant à certaines valeurs et normes épistémiques (Kuhn *et al.* 2013). D'autres montrent que la génération d'idées nouvelles reposent sur des processus cognitifs variés et nombreux, dont certains relèvent d'une pensée divergente fondée sur l'intuition et l'imagination et non sur une pensée convergente et rationnelle (Clement 2022). Ces différents processus ne sont pas appréhendés comme spécifiques aux sciences mais associés à une hypothèse de continuité cognitive exprimée en ces termes par Nersessian (2009, p. 128) « The cognitive practices of scientists are extensions of the practices humans employ in problem solving of a more ordinary kind within various physical and social environments ». Osbek *et al.* (2013) saisissent le scientifique plus largement sous de multiples dimensions et le considèrent comme une personne qui agit en scientifique (*acting person as scientist*).

En s'intéressant aux sciences telles qu'elles sont pratiquées par les scientifiques, les chercheurs montrent que la dimension collective de l'activité scientifique est régie par des valeurs qui se présentent comme un idéal régulateur de l'activité d'un scientifique particulier, celui-ci étant en tension entre normes et contre-normes (Merton 1938 ; Gauld 2005). Ils montrent de plus que les pratiques scientifiques intègrent des croyances de différentes formes. Les énoncés qui se rapportent à la dimension métaphysique du paradigme sont à leur fondement et restent le plus souvent tacites. Ces présupposés portent sur la réalité et la connaissance que l'on peut en avoir, sur les questions auxquelles la science peut répondre ainsi que les démarches à adopter et les preuves à apporter. Il n'existe pas de *consensus* sur les présupposés ontologiques hormis le fait qu'il existe une réalité extérieure à l'esprit, contrairement au solipsisme pour lequel la seule chose dont l'existence est certaine est le sujet pensant. Les scientifiques peuvent en effet avoir une vision différente de la nature de cette réalité. Même dans le cas où leur vision du monde ne fait intervenir qu'un seul niveau de réalité, ils peuvent le concevoir différemment (vision déterministe *versus* fondée sur le hasard, par exemple). Les valeurs épistémiques ou critères de positionnement théorique et de choix (la parcimonie, la cohérence, par exemple) orientent l'activité scientifique et l'élaboration de nouveaux savoirs et peuvent être à l'origine de désaccords et de débats

au sein de la communauté scientifique. Si certains de ces éléments sont partagés par les scientifiques à une époque donnée et stables dans le temps (exemple : le principe du matérialisme méthodologique), d'autres sont interprétés différemment, remodelés et redéfinis. Cela concerne aussi bien le passé, comme le montre Brenner (2011) dans son étude des arguments avancés en faveur du géocentrisme ou de l'héliocentrisme – Ptolémée et Kepler étant guidés par la simplicité, et Copernic par l'harmonie et l'élégance – que l'époque contemporaine. Ainsi, en s'appuyant sur ses travaux sur la mécanique quantique, Soler (2024) repère deux présupposés qu'elle invite à questionner, l'un d'unicité théorique selon lequel il y a une unique théorie optimale pour un objet étudié dans une perspective scientifique, l'autre d'inévitabilisme selon lequel les théories et autres résultats scientifiques n'auraient pas pu, en droit, être radicalement autres.

1.1.3. Quels rapports entre la science, les sociétés et les cultures ?

Affirmer que le fonctionnement des sciences repose sur des communautés de spécialistes qui partagent notamment des objets d'étude, des méthodes et des cadres théoriques, ne signifie pas que ce fonctionnement se fait de manière isolée de la société en général. Les développements scientifiques et techniques ont des impacts importants sur les sociétés et le mode de vie des êtres humains. En retour, de plus en plus de groupes sociaux interpellent la communauté scientifique et, parfois, contestent le monopole accordé à son expertise dans un mouvement qui remet en question la séparation traditionnelle entre « spécialistes et profanes, professionnels de la politique et citoyens ordinaires » (Callon *et al.* 2001). Pensons, par exemple, à toutes les controverses (Callon *et al.* 2001 ; Gingras 2014) entourant la sécurité et l'efficacité de certains vaccins (exemple : Cervarix et Gardasil) ou de certains médicaments (comme les statines) ou encore l'usage du nucléaire pour la production de l'énergie ou du glyphosate comme herbicide. En outre, la communauté scientifique est appelée à s'engager dans des formes de « science citoyenne » ou de « sciences participatives » qui tiennent compte des points de vue des citoyens non spécialistes pour mieux gérer les incertitudes et les risques associés à certaines avancées scientifiques. Plusieurs recherches reposent ainsi sur l'engagement de citoyens tout au long du processus de recherche, de la formulation des problématiques à l'évaluation des retombées des savoirs ou des innovations qui en découlent sur la société (Callon *et al.* 2001 ; Piron et Piron 2009).

L'une des dimensions de la culture dont les rapports à la science ont sans doute été le plus interrogés et depuis longtemps est celle de la religion. Une abondante littérature se développe depuis une cinquantaine d'années, notamment dans les pays anglo-saxons, à la suite des travaux de Barbour sur les rapports sciences-religions (De Cruz 2022). Sa taxinomie, fondée sur quatre types de rapports (conflit, indépendance, dialogue, intégration), a été critiquée, entre autres l'approche anhistorique et globale sur laquelle elle repose. À l'origine d'autres conceptualisations des rapports

sciences-religions qui mobilisent un nombre plus ou moins grand de catégories, elle reste influente car pouvant servir de première approche des rapports sciences-religions. Cependant, depuis une vingtaine d'années, des penseurs ancrent leur réflexion dans le tournant pratique et proposent des analyses multidimensionnelles des religions (Schmitt 2021) et des rapports sciences-religions (Stenmark 2004). Compte tenu de l'évolution de la place des religions dans nos sociétés contemporaines, des auteurs appellent à mobiliser le concept plus large de *worldviews*, c'est-à-dire de visions du monde (Stenmark 2022). D'autres contribuent au développement du champ, lui aussi d'apparition récente, de la psychologie des religions (Saroglou 2015), peu d'études à notre connaissance abordant les rapports sciences-religions sous cet angle.

La science n'est pas seulement une forme de culture, elle dépend aussi des contextes culturels dans lesquels les scientifiques travaillent. En adoptant une approche comparative et en articulant le concept de *themata* proposé par Holton (1975) et l'anthropologie culturelle, Rabourdin (2024) montre que les préférences thématiques privilégiées par un groupe de physiciens pour interpréter la mécanique quantique dépendent de l'aire géographique dans laquelle ils vivent (France, Inde), les premiers ayant, entre autres, une vision moins déterministe du réel que les seconds. D'autres travaux examinent la diversité des productions scientifiques selon les contextes culturels au cours de l'histoire (science grecque, science arabe, etc.) ainsi que les circonstances ayant conduit à l'émergence de la science dite moderne (Stengers 1995), telle qu'elle s'est institutionnalisée en Europe au XVII^e siècle, avec la création et la multiplication des académies savantes. Malgré la diversité de ses origines, la science peut être perçue aujourd'hui par certains, dans différentes parties du monde, comme occidentale et impérialiste. Un important courant de recherche dénonce d'ailleurs aujourd'hui la colonialité des savoirs scientifiques (Quijano 2017 ; Quiroz 2019).

I.2. Comment penser et définir la science à des fins d'enseignement ?

I.2.1. La dimension épistémologique de l'enseignement des sciences

Le champ de recherches en éducation désigné par l'acronyme NoS (*Nature of Science*) dans les pays anglo-saxons (Lederman 2007 ; Erduran et Dagher 2014) est centré sur la dimension épistémologique de l'enseignement-apprentissage des sciences. Ce champ est moins exploré en France et dans le monde francophone que dans les pays anglo-saxons, malgré des travaux pionniers en ce domaine⁹. De nombreuses études, se situant au carrefour de la philosophie, de l'histoire et de la sociologie des sciences, des sciences de l'éducation et des didactiques disciplinaires, etc., ont été conduites depuis une quarantaine d'années à travers le monde. Elles explorent les représentations des

9. Il est ainsi à signaler les travaux dans les années 1980-1990 de Fourez (1985) en Belgique, de Désautels et Larochelle (1989) au Canada, de Roletto (1998) en France.

savoirs scientifiques et de leurs modes d'élaboration des élèves, étudiants et enseignants. Elles examinent l'image des sciences véhiculée par les programmes et manuels d'enseignement, les pratiques enseignantes. Elles étudient l'impact de dispositifs innovants visant à les faire évoluer. Ces travaux soulignent le contraste entre la manière dont les sciences sont appréhendées, notamment par les élèves et les étudiants, et la manière dont elles sont décrites et analysées dans la sphère académique. Le champ de la NoS est parcouru par de nombreux débats, dont celui de la caractérisation de la science ou des sciences à des fins d'enseignement, et des stratégies à mettre en œuvre en classe. Par ailleurs, cette dimension épistémologique de l'enseignement des sciences sous-tend les autres champs de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences (apprentissage des concepts scientifiques ; questions socio-scientifiques ; diversité culturelle, minorités ; etc.), voire constitue l'une des directions d'analyse retenue et croisée avec celles au cœur de ces champs.

Ce sont différentes finalités de l'enseignement des sciences qui retiennent l'attention des chercheurs au sein des différents champs de recherche en éducation aux sciences, et différents aspects de cet objet à multiples facettes que sont la science ou les sciences, qui sont concernés. Les études sur les sciences auxquelles ils se réfèrent, relèvent d'approches et courants divers en partie liés aux objectifs éducatifs et de recherche poursuivis. Si le changement d'approche dans le champ de l'épistémologie mentionné précédemment nourrit depuis une quarantaine d'années certains champs de recherche, il est apparu plus tardivement dans celui de la NoS, les caractérisations des sciences à des fins scolaires s'inscrivant dans cette perspective étant avancées il y a une quinzaine d'années uniquement. Ce qui suit ne prétend pas à l'exhaustivité. Il s'agit pour nous de donner à voir la pluralité des approches mobilisées pour penser les sciences et leur enseignement, afin d'aider à situer les textes que cet ouvrage comporte et à saisir les raisons de leur choix. Cela nous conduit à pointer des caractérisations de la science et du scientifique mobilisées dans des champs différents des recherches en éducation.

1.2.2. L'approche consensuelle de la NoS et les FoS

Les recherches dans le champ de la NoS se sont longtemps référées à l'approche consensuelle de Lederman (2007) et son équipe. Elle consiste à retenir, comme objectif d'enseignement, des caractéristiques de la science qui font *consensus* au sein de la communauté de spécialistes qui étudient les sciences. Les travaux initiaux s'intéressent au savoir scientifique¹⁰, les suivants aux modalités d'élaboration de ce savoir et à la dimension collective de cette élaboration (Schwartz *et al.* 2008). Contestant l'aspect réducteur de cette liste, Matthews (2012) appelle à la compléter en adoptant

10. Celui-ci est présenté comme révisable, fondé empiriquement, en partie subjectif, reposant sur l'imagination et la créativité, ancré socialement et culturellement.

une approche hétérogène qu'il appelle FoS (*Features of Science*). La liste des points qu'il rajoute en se fondant sur un spectre large de disciplines est ouverte, ceux-ci allant, entre autres, des modèles et des métaphores aux questions socio-scientifiques et liées aux visions du monde et aux religions, en passant par la mathématisation et la technologie.

1.2.3. Le scientifique

Certains chercheurs dans le champ de la NoS prennent comme entrée le scientifique. Il peut s'agir de repérer certains traits « extérieurs » du scientifique au travers de la demande d'un dessin comme dans les travaux inscrits dans la lignée de Chambers (1983) et de son questionnaire DAST (*Draw a Scientist Test*). Il peut aussi s'agir de préciser les qualités dont un scientifique doit faire preuve, celles-ci étant appréhendées de manière plus ou moins diversifiée selon les auteurs. Si certaines semblent inspirées par les valeurs sociologiques de Merton, telles que celles mises en exergue par Ryan (1987) dans son étude pionnière ancrée dans le courant STS (l'objectivité et l'honnêteté), d'autres sont pensées à partir du scientifique. Celui-ci peut être considéré en tant qu'individu générique multidimensionnel (cognitif, conatif, affectif, social, etc.) dans le rôle que lui assigne l'institution (Maurines *et al.* 2018 ; Sheldrake *et al.* 2024) ou comme une personne pouvant avoir des croyances religieuses (Maurines et Fuchs-Gallezot 2021) ou pseudoscientifiques (Coll et Taylor 2004).

Penser l'enseignement et l'apprentissage des sciences en prenant comme référence le scientifique se rencontre aussi dans des travaux relevant d'autres champs que la NoS. C'est le cas en particulier de ceux dont les objectifs éducatifs visés sont définis en termes de développement d'un type de pensée qualifié de critique ou scientifique, les deux n'étant pas toujours distingués (Garcia-Carmona 2025). Il en est de même de ceux traitant d'attitude scientifique (Gauld 1982) ou des dispositions intellectuelles ou *habits of mind* (Gauld 2005 ; Coll *et al.* 2009), celles-ci étant appréhendées ou non comme propres au scientifique (Gauld 2005). Les dispositions ou les dimensions retenues pour caractériser le scientifique, sa pensée ou son attitude, peuvent renvoyer l'image stéréotypique du scientifique rigoureux, logique, sans émotion, ou être plus proche de ce que nous apprend l'épistémologie contemporaine à propos du rôle joué par l'intuition et l'imagination, la créativité (Maurines 2024).

1.2.4. Les sciences comme pratiques de communautés et cultures

D'autres approches que celle proposée par Lederman dans les années 1990 pour caractériser la science à des fins d'enseignement ont été avancées dans le champ de la NoS depuis une quinzaine d'années. S'appuyant sur le tournant pratique, elles permettent de dégager des ressemblances et spécificités disciplinaires, et prennent en compte

les dimensions humaine, sociale et historique des sciences à des degrés divers. La caractérisation initiale proposée par Irzik et Nola en 2011 est rapportée à l'approche pragmatique de Wittgenstein désignée par FRA (*Family Resemblance Approach*)¹¹ et fondée sur quatre catégories qui ne portent que sur le cœur du travail scientifique (activités, buts et valeurs, démarches et méthodes, produits). La seconde présentée en 2014, et celle avancée par Erduran et Dagher (2014) la même année, à partir de leur proposition initiale, en font intervenir davantage afin de tenir compte de la dimension socio-institutionnelle du travail scientifique (professions, systèmes financiers, etc.). Cette dernière caractérisation a été mobilisée depuis, dans de nombreux travaux empiriques sur la NoS (Ching Cheung et Erduran 2023). Les tensions entre tenants et opposants de cette approche et de l'approche consensuelle de Lederman sont en voie de dépassement, Kampourakis (2016) et Irzik et Nola (2023) soulignant leur complémentarité. Celle proposée par deux auteurs de ce volume (Maurines et Fuchs-Gallezot) cherche à articuler deux caractérisations, l'une centrée sur les sciences considérées comme pratiques sociales, l'autre centrée sur le scientifique. Cette proposition résonne avec l'appel lancé par Mohan et Kelly (2020, p. 1097) « de changer d'angle d'analyse et de passer du collectif considéré comme un tout, à l'individu au sein du collectif ». Elle s'en distingue dans la mesure où la science est considérée comme une culture inscrite dans un contexte historique et socio-culturel donné, et l'individu comme une personne multidimensionnelle ayant à articuler différentes sphères de vie, entre autres, professionnelle, scientifique et privée religieuse (Maurines *et al.* 2018 ; Maurines et Fuchs-Gallezot 2021).

Certains travaux, plus rares nous semble-t-il, sont centrés spécifiquement sur l'arrière-plan de croyances qui oriente l'activité de la communauté scientifique ou celle des scientifiques. Il en est ainsi de ceux de Hansson et Redfors (2007) et Hansson (2014) sur les présupposés fondateurs de la physique ou bien de Kampourakis (2007) et de Talanquer (2007) sur la finalité, respectivement en biologie et en chimie. Ces thèmes épistémologiques sont pourtant associés à des enjeux éducatifs majeurs : l'appropriation des types d'explications acceptés en sciences et des questions auxquelles les sciences peuvent répondre.

1.2.5. Les sciences dans leurs rapports aux cultures et aux visions du monde

Les recherches sur l'enseignement des sciences qui s'appuient sur des approches culturelles des sciences mobilisent différentes conceptions de la culture, celle-ci étant initialement considérée comme globale et statique puis pensée comme locale et dynamique (Carlone *et al.* 2014). Certaines pointent le rôle joué par l'arrière-plan des

11. À l'instar des membres d'une même famille, des objets classés dans le même groupe sont reliés entre eux par des similitudes qui se chevauchent, sans qu'aucune ne soit commune à tous.

croyances associées aux visions du monde dans l'apprentissage des sciences (Cobern 1996) et invitent à penser l'enseignement des sciences comme un franchissement de frontières culturelles, « a cultural border-crossing », pour reprendre les termes de Cobern et Aikenhead (1998). Selon Van Eijck (2013), il y a peu de recherches qui relèvent de ces approches en Europe comparativement aux USA, au Canada anglophone et à l'Australie.

Si les sciences sont mises en rapport le plus souvent avec les religions, des travaux abordent aussi d'autres visions du monde, entre autres celles des peuples autochtones. Les approches mobilisées sont diverses. Certaines invitent à penser les rapports entre la science et ces différents domaines et pratiques en termes de points communs et spécificités. Il en est ainsi de celles de Bagdonas et Silva (2015) sur les rapports sciences-religions à propos du thème du *Big Bang*, de celles de Michie *et al.* (2018) sur les rapports sciences-savoirs autochtones. D'autres s'appuient sur des études historico-épistémologiques et/ou empiriques pour catégoriser les différentes représentations des rapports sciences-religions repérées (Wolfs 2013 ; Yasri *et al.* 2013). D'autres encore regardent du côté du scientifique lui-même telle l'étude inscrite dans la lignée de la réflexion initiée par Gauld (2005) sur les *habits of mind* et de leur articulation dans différentes sphères de vie (professionnelle et privée religieuse) réalisée par Coll *et al.* (2009) en Nouvelle-Zélande et Australie.

1.2.6. Les sciences (et les techniques) en société et the Whole Science

Dans une société où seule une minorité d'élèves deviendra scientifique et où les sciences et les techniques ont une place très importante, la nature de l'enseignement scientifique à dispenser à des fins d'alphabétisation scientifique et d'éducation à la citoyenneté est interrogée depuis une quarantaine d'années. Différents champs de recherche intègrent explicitement dans la réflexion sur l'enseignement des sciences, les dimensions sociales, économiques et politiques des technosciences, la prise en compte des incertitudes, de la complexité et des risques. Parmi les nombreux travaux relevant de cette approche, citons ceux inscrits dans les courants anglo-saxons des SSI et EE, *SocioScientific Issues* (Zeidler 2014) et *Environmental Education* (Dillon 2014), et ceux inscrits dans les courants francophones des QSV et QSSV (questions (scientifiques) socialement vives) (Albe 2009 ; Simonneaux et Simonneaux 2014), de l'EDD (éducation au développement durable) (Lange 2014), et ceux plus récents de l'éducation au temps de l'Anthropocène (Lange et Barthes 2021) et de l'éducation au futur (Hervé 2022).

Certains travaux inscrits dans le courant STS sont centrés sur « l'idée de science », notamment ceux pionniers de Aikenhead *et al.* (1987). Leur enquête sur les représentations des sciences en société comporte trois volets : interactions sciences-techniques-sociétés, les caractéristiques et limites du savoir scientifique, les caractéristiques du

scientifique. Si le premier volet a inspiré d'autres études par la suite (celle de (Vasquez-Alonso *et al.* 2006) en Espagne, par exemple), cela ne nous semble pas avoir été le cas des deux autres volets. D'autres travaux s'intéressent aux liens entre représentations des sciences, argumentation et prise de décision, en particulier dans le cas de débats portant sur des SSI (Khisfe 2023).

De son côté, Allchin (2011) défend l'idée d'une caractérisation de la NoS ancrant la science dans la société. La présentant comme allant « de l'expérimental au social, c'est-à-dire à la science dans son ensemble », il la désigne par *Whole Science*. Les dimensions auxquelles il fait appel permettent d'analyser « la manière dont la fiabilité est atteinte au fur et à mesure que les connaissances se développent et comment elle est préservée lorsqu'elle passe d'un endroit à un autre » (Allchin 2011, p. 524). Une proposition plus récente désignée par NoSiS (*Nature of Science in Society*) appelle à pointer les différences entre la communication dans les médias traditionnels où les journalistes ont le rôle de *gate-keepers* et celle à l'œuvre dans les réseaux sociaux où circulent de plus en plus de désinformations (Höttecke et Allchin 2020).

1.2.7. La pensée critique

Le thème de la pensée critique a connu un regain d'intérêt à partir des années 1980-1990 (Lipman 2003). Les préoccupations s'inscrivent d'abord dans le champ de la philosophie de l'éducation et également de l'alphabétisation scientifique (Zeidler *et al.* 1992). Le discours sur cette forme de pensée commence également à être intégré dans les programmes scolaires de différents pays, comme c'est le cas en France ou au Québec où cette préoccupation est prise en considération de manière affirmée dans une compétence transversale : « exercer son jugement critique ». Dans les recherches sur l'éducation scientifique, le concept de pensée (esprit) critique¹² semble aujourd'hui se substituer à celui de pensée scientifique (*scientific thinking*) prédominant par le passé, comme en témoigne le numéro thématique 28 de la revue RDST (Recherches en didactique des sciences et des technologies) (Bächtold et Fuchs-Gallezot 2023). S'il y a un *consensus* pour désigner la pensée critique comme une forme de pensée de haut niveau qu'il est souhaitable d'acquérir, la signification accordée au concept ne fait pas *consensus* (Gagnon et Hasni 2020). D'une part, les auteurs recourent, chacun de leur côté, à une diversité d'attributs pour définir le concept. À cet égard, Lipman souligne que « The definitions provide insufficient enlightenment because the outcomes (solutions, decisions, concepts-acquisition) are too narrow, and the defining

12. Les expressions mobilisées dépendent du contexte. *Critical thinking* ou pensée critique est utilisée dans la littérature anglo-saxonne et francophone canadienne, et « esprit critique » en France. Une analyse comparée du sens accordé à ces deux expressions serait à faire, et plus largement des concepts mobilisés dans les littératures francophone et anglo-saxonne. À cette fin, le lecteur peut consulter, par exemple, les ouvrages de Reuter *et al.* (2013) et Gunstone *et al.* (2015).

characteristics (reasonable, reflective) are too vague [...] » (Gagnon et Hasni 2020, p. 38). D'autre part, le caractère transversal ou disciplinaire de cette forme de pensée fait l'objet de débats vifs depuis les années 1980. Pour ces raisons, la signification de la pensée critique et la réflexion sur les modalités didactiques permettant d'acquérir cette compétence dans le contexte de l'éducation scientifique restent à conceptualiser, en tenant compte de divers contextes : l'apprentissage de contenus disciplinaires ; l'analyse des controverses socio-scientifiques ; la compréhension des relations sciences-religions ou des relations savoirs scientifiques-savoirs autochtones ; l'analyse des fausses informations et des « théories » du complot ; etc.

I.3. Présentation des chapitres

Les onze chapitres qui composent cet ouvrage offrent une diversité de regards sur l'appréhension de certains aspects des sciences en société (les relations sciences-religions, les théories du complot, l'expertise scientifique) et de la personne du scientifique ainsi que de l'enseignement, en particulier des sciences de la nature. Abordant pour trois d'entre eux d'autres disciplines d'enseignement et de formation (histoire notamment) et ancrés dans différentes disciplines académiques, ils recourent à différentes approches théoriques et méthodologiques. Ils présentent des études empiriques portant sur différentes facettes de la sphère éducative (élèves et étudiants, futurs enseignants et enseignants, manuels et ressources pour les enseignants, recherches en éducation aux sciences) et mobilisent ou proposent des cadres originaux pour penser les sciences, l'enseignement et la formation. Ces onze textes peuvent se lire indépendamment les uns des autres. Répartis en quatre parties, certains relèvent de thèmes abordés dans deux d'entre elles. Le parcours proposé dans cette introduction aborde successivement les représentations et postures relatives aux relations sciences-religions et aux théories du complot. Il se poursuit par deux thèmes centraux dans le contexte actuel de désinformation, l'expertise scientifique et la pensée critique dans l'enseignement, en particulier des sciences de la vie et de la Terre. Il se termine par des propositions transformatrices qui invitent à interroger les objectifs visés par l'enseignement et les stratégies pédagogiques mobilisées.

I.3.1. Les relations sciences-religions

Les trois chapitres qui ouvrent cet ouvrage traitent d'un thème encore peu travaillé dans la littérature francophone sur l'éducation aux sciences : les relations sciences-religions. Dans un monde globalisé et de sociétés de plus en plus multiculturelles, il prend une importance grandissante compte tenu des enjeux éducatifs associés. Il s'agit de développer une « culture de la paix » en favorisant une compréhension interculturelle et une ouverture à l'altérité (UNESCO 2015). Il s'agit aussi de soutenir l'orientation et l'engagement vers les métiers scientifiques dont l'apprentissage peut soulever

des conflits de vérités parfois difficilement vécus (Roth et Alexander 1997) et pouvant être perçus comme réservés à des personnes n'ayant pas de croyances religieuses (Hansson et Redfors 2007).

Dans la perspective de développer des recherches comparatives dans le monde francophone, l'équipe internationale de chercheurs de différentes disciplines (didactique des sciences, de l'histoire, philosophie de l'éducation) réunie autour d'Abdelkrim Hasni de l'Université de Sherbrooke au Canada propose une revue de la littérature anglo-saxonne abordant la manière avec laquelle l'éducation scientifique compose (et doit composer) avec les conceptions et les convictions religieuses des acteurs scolaires. Les résultats découlant de l'analyse des 68 articles recensés sur la période allant de 2010 à 2022 permettent de décrire, entre autres, les positionnements des apprenants et des enseignants au regard des relations sciences-religions dans différents contextes (une quinzaine de pays), tout en faisant le point sur une douzaine de cadres de référence proposés, pour permettre un enseignement scientifique qui tient compte de la religiosité des apprenants.

José-Luis Wolfs, chercheur en sciences de l'éducation dans un contexte caractérisé par une grande diversité culturelle, linguistique et aussi religieuse (Université libre de Bruxelles en Belgique) a observé différentes formes de rejet total ou partiel de contenus scientifiques (exemple : la théorie de l'évolution) au nom de croyances religieuses, mais aussi différentes formes de conciliation dont certaines peuvent déboucher sur du « concordisme ». Dans le sillage de ses travaux sur les positionnements sciences-religions (Wolfs 2013), il propose ici une clarification conceptuelle du « concordisme », en distinguant plusieurs de ses variantes et en le distinguant lui-même d'autres formes de conciliation non concordistes entre science et croyance religieuse. À partir d'exemples au sein du christianisme et de l'islam, une grille d'analyse est proposée et mise à l'épreuve en illustrant plusieurs des variantes postulées par des citations d'auteurs ou de programmes scolaires.

Poursuivant le questionnement sur l'enseignement des sciences face au fait religieux dans le contexte laïc français (Maurines 2010), les didacticiennes des sciences, Laurence Maurines et Magali Fuchs-Gallezot, s'intéressent aux représentations des relations sciences-religions (S-R) de 51 futurs enseignants de sciences du secondaire. Elles s'appuient sur le cadre original d'analyse multidimensionnelle des sciences articulant pratiques sociales, psychologie et anthropologie, élaboré pour leurs recherches antérieures sur la NoS (Maurines et Fuchs-Gallezot 2021) et une approche multidimensionnelle des religions inspirée par les travaux de Stenmark (2004). Partant du constat des difficultés à envisager qu'un scientifique puisse être croyant dans le milieu scientifique dans lequel elles travaillent (Université Paris-Saclay), elles explorent les représentations des étudiants en prenant comme entrée non seulement la communauté de pratiques (la science ou institution) mais aussi le scientifique considéré comme une personne multidimensionnelle. Les réponses à trois questions rédigées selon différents

formats (schémas et/ou mots et phrases) et les deux entrées (institution ou individu) sont présentées et comparées.

1.3.2. Les théories du complot

Si des croyances autres que les croyances religieuses, comme les superstitions et celles dans les pseudosciences (Coll et Taylor 2004), l'astrologie (Karaman 2023), les médecines alternatives comme l'acupuncture (Song *et al.* 2021) ont donné lieu à quelques études, il en est d'autres qui, dans un contexte où Internet et les réseaux sociaux ont une place grandissante, retiennent l'attention des chercheurs en éducation, notamment depuis la crise de la COVID-19 : les désinformations ou informations volontairement fausses encore désignées par *fake news* et les discours qualifiés de « théories du complot ». Ces dernières sont au cœur de deux enquêtes réalisées selon une approche qualitative relevant de la socio-anthropologie dans trois pays différents (Québec, Suisse, France). La signification accordée à différentes théories du complot et leur rapport à la vérité sont discutés relativement au thème de la pensée critique auquel la deuxième partie est consacrée.

Stéphanie Tremblay, chercheuse en sociologie des religions et directrice du Centre de recherche interdisciplinaire sur la diversité et la démocratie (CRIDAQ) à l'UQAM (Université du Québec à Montréal), s'intéresse depuis une quinzaine d'années aux enjeux de laïcité et neutralité, et aux conflits de normes dans le monde scolaire. Avec Mathieu Colin, docteur en sciences des religions et postdoctorant au CRIDAQ qui étudie le conspirationnisme et les idéologies d'extrême droite ainsi que l'ésotérisme et le satanisme, elle explore la réception et la signification des théories du complot dans l'imaginaire de jeunes québécois et leurs critères de démarcation entre les savoirs et les « non-savoirs » en contexte d'incertitude. Les auteurs prennent appui sur les résultats d'une enquête réalisée à distance par visioconférence pendant la crise de la COVID-19 auprès de 44 jeunes âgés de 17 à 29 ans étudiant au sein d'établissements de formation technique ou préuniversitaires de la Rive-Sud de Montréal. Celle-ci a abordé des thèmes tels que la gestion gouvernementale de la pandémie, la définition des théories du complot et leur rapport au gouvernement, aux instances politiques et scientifiques. Les trois postures différentes mises au jour valorisent chacune un horizon normatif particulier de la pensée critique : la science pour l'une, la sincérité des acteurs pour l'autre, l'expérience personnelle et identitaire pour la dernière.

Sybille Rouiller est didacticienne en éthique et cultures religieuses, d'histoire des religions et d'éducation à la citoyenneté à la Haute école pédagogique (HEP) du canton de Vaud en Suisse. Frappée par le contraste entre les dimensions ludiques des témoignages qu'elle recueillait dans ses classes à propos des « cultures conspirationnistes » et l'inquiétude des discours politico-médiatiques quant à la porosité des opinions juvéniles au complotisme politico-religieux, elle a exploré le spectre des possibles entre ces deux postures radicalement opposées au cours d'une enquête de terrain, réalisée

entre 2016 et 2018 auprès d'élèves de 15 à 19 ans dans des établissements scolaires français et suisses. Elle examine ici les revendications associées à l'une des trois postures, non étanches entre elles, qu'elle a précédemment dégagées : la posture « critique » qui procède d'une volonté sincère de faire preuve « d'esprit critique » mais prend parfois la forme de discours et de pratiques pouvant être problématiques à différents niveaux (épistémologique, éthique et citoyen). Elle s'interroge sur les enjeux et les pistes à explorer pour une éducation à la pensée critique en contexte scolaire, et donne un exemple de séquence didactique observée en classe.

1.3.3. L'expertise scientifique et la pensée critique dans l'enseignement

Les chapitres précédents mettent au jour des positionnements et postures qui témoignent de difficultés à appréhender les périmètres des sciences et différents types de discours, entre autres le scientisme, le concordisme, le relativisme. Est également repéré « l'individualisme épistémique » qui semble reposer sur la défiance envers toute parole, y compris celle des experts scientifiques. Ces différentes postures interpellent sur la façon dont l'enseignement, en particulier scientifique, prend en charge les enjeux de formation que sont la NoS et la pensée critique, deux dimensions fondamentales de la culture scientifique mises en avant par les textes de cadrage PISA. Trois chapitres traitent de ces questions. Le premier aborde un aspect des sciences en société encore émergent dans la littérature en éducation aux sciences sur lequel l'attention a été attirée depuis la crise de la COVID-19, l'expertise scientifique (Osborne et Allchin 2024) ; les deux suivants portent sur la pensée critique. Par ailleurs, les deux premiers chapitres portent sur l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre (SVT), le dernier s'intéressant à la pensée critique dans différentes disciplines scolaires (sciences, histoire, éthique/philosophie au Québec).

Afin de répondre aux enjeux cruciaux auxquels nos sociétés contemporaines sont confrontées (durabilité, santé publique, par exemple), l'institution scolaire promeut l'introduction de débats sur des questions socio-scientifiques. Interpellée par la complexité de tels débats et le rôle-clé des experts scientifiques, l'équipe internationale de didacticiens des sciences (SVT, de la nature, humaines et sociales) réunie autour de Marco Barroca-Paccard de la HEP du canton de Vaud interroge la place de l'expertise scientifique dans la société et son intégration dans l'enseignement des sciences de la nature. Les auteurs proposent ici un modèle d'analyse de l'expertise scientifique en la conceptualisant dans le cadre de la problématisation des savoirs en sciences de la nature comme un processus hybride et collectif, intégrant plusieurs dimensions-clés dont les valeurs, engagements et influences sociétales auxquelles les experts sont soumis. Ils le mettent à l'épreuve sur des ressources destinées à l'enseignement d'une question socialement vive : le changement climatique. Ils comparent la place accordée à l'expertise et la manière dont elle est présentée dans deux manuels scolaires français de SVT, huit vidéos de l'Académie des sciences et quatre de l'*Office for Climate Education*.

Le développement de l'esprit critique est l'une des missions des enseignants explicitée par le référentiel de compétences professionnelles depuis plus de dix ans en France et l'un des enjeux de la formation des enseignants, particulièrement depuis la crise de la COVID-19. Kévin de Checchi, Charlotte Barbier et Gwen Pallarès, chercheurs en sciences de l'éducation, respectivement postdoctorant en psychologie à l'Université Toulouse Jean Jaurès, chercheuse associée à l'Université Paris-Cité et didacticienne des sciences à l'Université de Reims, travaillent sur l'enseignement et l'apprentissage de l'esprit critique et du développement de la compétence argumentative. Ils s'intéressent ici à la manière avec laquelle des enseignants de SVT s'emparent de l'attendu institutionnel relatif au développement de l'esprit critique des élèves. Ils explorent leurs représentations de l'esprit critique et de son enseignement et examinent les différences et points communs entre des enseignants en poste et en formation initiale. Ils s'appuient sur deux études qualitatives réalisées à l'aide d'entretiens semi-directifs entre 2020 et 2022 et d'un questionnaire écrit passé au printemps 2022 abordant, entre autres, la place de l'enseignement scientifique dans le développement de l'esprit critique et les activités propices à ce développement.

Mathieu Gagnon, philosophe de l'éducation à l'Université Laval au Canada, considère que la philosophie est un moyen pour mieux penser et non une finalité en soi. Il travaille sur le développement de la pensée éthique et de la pensée critique dans le cadre de la pratique du dialogue philosophique avec les enfants et les adolescents et interroge depuis une quinzaine d'années la question de la transversalité de la pensée critique. L'auteur dresse dans ce chapitre un bilan des enjeux identifiés et des pistes envisagées sur le développement de la pensée critique, en s'appuyant sur les recherches empiriques qu'il a conduites dans différents contextes disciplinaires. Conceptualisant la pensée critique comme un exercice situé comprenant une dimension sociale forte, l'auteur opte pour l'expression « pratiques critiques » qui lui semble mieux refléter l'expression anglaise *critical thinking*. Il met l'accent sur la mobilisation transversale de la pensée critique à l'intérieur d'une grande variété de contextes et pointe la nécessité d'une dialogique entre le générique et le spécifique. Entre autres aspects, son texte ouvre une discussion sur les liens entre pensée critique et rapports aux savoirs.

I.3.4. Propositions transformatrices

Les huit chapitres précédents permettent aux auteurs de dégager non seulement des pistes pour des recherches ultérieures mais aussi des implications pour l'enseignement relativement à la démarcation et à la pensée critique. Les trois chapitres qui composent cette partie proposent quant à eux des balises théoriques pour penser l'enseignement et la formation comme éducation de personnes responsables, ayant un pouvoir d'agir autonome et volontaire, vivant dans un monde incertain et pluraliste. Le premier discute des conditions sur les pratiques d'enseignement et de formation pour que savoir et agentivité aillent de pair. Le deuxième, qui concerne l'enseignement de l'histoire au

Québec, peut nourrir la réflexion sur l'enseignement d'autres disciplines scolaires dans des sociétés multiculturelles, en particulier celle des sciences. Le troisième s'intéresse aux connaissances nécessaires au développement de la responsabilité en considérant l'individu non seulement sur le plan cognitif et épistémique, mais aussi émotionnel et corporel.

Sonia Kebaïli, chercheuse en sciences de l'éducation et didactique de la biologie à l'Université de la Manouba en Tunisie, conduit des recherches sur l'enseignement de la théorie de l'évolution et de l'histoire du vivant dans un contexte marqué par la religion et un pouvoir politique fort. Elle propose ici une réflexion théorique sur les pratiques d'enseignement et de formation souhaitables pour une éducation scientifique au temps de l'Anthropocène et des vérités multiples en se référant aux travaux de Michel Foucault. Le savoir étant conceptualisé comme assujetti à des relations de pouvoir, elle discute des rapports entre savoir et pouvoir dans le cadre de différents modes de véridiction (le prophète, le sage, le professeur, le parrésiasite) et de l'éducation qui en découle pour les futurs citoyens. Elle propose des balises pour des pratiques d'enseignement et de formation discursives et non discursives dans une école autre, orientée non seulement vers le savoir mais surtout vers la vie et la prise de décision, en se référant à la reproblématisation continue, aux formes aléthurgiques du discours, à l'hétérotopie et au jeu parrésiasitique.

Sabrina Moisan et Louis Gosselin sont des didacticiens de l'histoire à l'université de Sherbrooke au Canada, pays où les débats sur le sens du collectif sont agités par les enjeux d'inclusion et d'autochtonisation des savoirs scolaires et des institutions. Ils mettent ici en évidence les tensions entre l'inclusion et l'autochtonisation décoloniale pour l'enseignement de l'histoire, en particulier en ce qui concerne les savoirs et perspectives autochtones au Québec. En accord avec la théorie du savoir situé, ils proposent d'y réfléchir à partir du modèle de la multiperspectivité critique qui vise à reconnaître la pluralité des savoirs et des régimes de vérité, et qui permet d'envisager l'hypothèse de l'existence d'un *continuum* entre l'inclusion et l'autochtonisation décoloniale. Cette approche vise à transformer l'enseignement de l'histoire afin de permettre de réfléchir aux fondements historiques et contemporains des inégalités dans les rapports de pouvoir et de favoriser la justice sociale dans le contexte d'une démocratie pluraliste.

Hélène Hagège et Gaël Marimoutou sont deux chercheurs en sciences de l'éducation et de la formation à l'Université de Limoges, la première ayant étudié notamment la didactique et l'épistémologie de la biologie, le second, doctorant ayant étudié l'anthropologie. Ils pratiquent depuis de nombreuses années la méditation laïque et l'enseignent à l'université ou à l'école dans une visée de développement de compétences psychosociales (CPS). Dans le prolongement de travaux antérieurs sur l'éducation à la responsabilité et le développement des CPS par la mobilisation de techniques d'entraînement attentionnel et émotionnel issues de la méditation laïque (Hagège

2018), ils interrogent ici la place et le rôle des divers éléments épistémiques dans le développement de la responsabilité. Faisant appel à certains concepts issus de la didactique des disciplines et apportant un regard anthropologique, ils examinent les connaissances nécessaires au développement de la responsabilité et la diversité des croyances relatives aux émotions, à la spiritualité et à la laïcité, à la méditation, qui peuvent faire obstacle à ce développement. Ils jettent ainsi les bases d'une didactique de l'éducation à la responsabilité et de l'enseignement de la méditation.

I.4. Conclusion

Au travers de ces chapitres, il s'est agi de penser les disciplines académiques et scolaires, en particulier les sciences et l'histoire, en les appréhendant comme des entreprises humaines inscrites dans des contextes sociétaux et culturels. Il s'est également agi de les interroger en mettant au centre du questionnement le sujet (apprenant ou formé) afin de préciser des contenus et démarches de formation susceptibles d'aider à atteindre les visées éducatives promues par des institutions comme l'OCDE et l'UNESCO. Afin de soutenir la formation de citoyens éclairés et ouverts à l'altérité, susceptibles de s'engager dans la résolution des défis auxquels nos sociétés démocratiques et pluralistes doivent faire face, le sujet apprenant a été envisagé comme une personne en développement avec ses croyances et sous ses multiples dimensions (cognitive, affective, sociale, corporelle). Dans un monde globalisé et multiculturel et dans un contexte de confusion entre différents registres de discours et de remise en question des savoirs académiques, en particulier scientifiques, l'accent a été mis sur la question de la nature des savoirs et de leur périmètre, et sur celle du développement de la pensée critique et de la responsabilité. Ce faisant, ont été pointés différents enjeux éducatifs liés aux représentations des disciplines et savoirs académiques (réussite en termes d'apprentissage, orientation vers les sciences de minorités, comportements des citoyens) ainsi que le rôle des rapports au savoir dans le développement de la pensée critique et celui de différentes croyances (entre autres sur les émotions) dans le développement de la responsabilité. Ont été également repérées une grande diversité de représentations et postures. Certaines sont associées à des stéréotypes des sciences et de leurs rapports à d'autres domaines ou bien des sujets, en particulier des scientifiques, et de la pensée critique. D'autres sont plus nuancées ou traduisent des difficultés à articuler les différentes dimensions nécessaires à une approche complexe de la connaissance. Ont pu également être présentées quelques pistes sur la façon dont le monde éducatif (*curriculum*, enseignants, manuels, etc.) peut prendre en compte ces différentes représentations et croyances (faire des dimensions épistémologique et épistémique des objectifs explicites d'apprentissage ; les aborder au sein d'une discipline scolaire en explicitant les présupposés, normes et valeurs, et en distinguant l'institution et l'individu ; traiter aussi de la question des périmètres, ressemblances et différences entre domaines ; coupler le spécifique et le générique ; adopter des pédagogies socioconstructivistes ; travailler les émotions pour développer le recul critique).

En abordant des aspects abordés souvent dans des champs disjoints des recherches en éducation et largement impensés par les programmes d'enseignement, cet ouvrage vise à initier une réflexion sur l'ensemble des représentations et croyances, à propos de la réalité, de soi et des autres, de la connaissance, qui fondent et orientent la perception, la pensée et l'action des sujets, autrement dit sur leurs visions du monde. L'adoption d'une telle approche de la connaissance soulève de nombreuses questions, entre autres : sur quel cadre théorique nécessairement pluridimensionnel s'appuyer ? Comment explorer les visions du monde selon autant de dimensions ? Y a-t-il lieu d'en privilégier certaines en fonction des objectifs éducatifs et de recherche poursuivis et des thèmes spécifiques explorés ? Ce sont autant d'incitations à poursuivre des recherches afin d'aider à développer « l'agentivité à l'époque de l'Anthropocène » et une « citoyenneté mondiale ».

I.5. Bibliographie

- Aikenhead, G.S., Fleming, R.W., Ryan, A.G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71(2), 145–161.
- Albe, V. (2009). *Enseigner des controverses*. Presses Universitaires de Rennes, Rennes.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the Nature of (Whole) science. *Science Education*, 95, 918–942.
- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science. Perspectives & Resources*. SHIPS Education Press, Saint-Paul.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Vrin, Paris.
- Bachelard, G. (1940). *La philosophie du non*. PUF, Paris.
- Bächtold, M., Fuchs-Gallezot, M. (dir.) (2023). Esprit critique et enseignement des sciences et des technologies. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 28.
- Bader, B., Sauvé, L. (dir.) (2011). *Éducation, environnement et développement durable : vers une écocitoyenneté critique*. Les Presses de l'université Laval, Laval, Québec.
- Bagdonas, A., Silva, C.C. (2015). Enhancing Teachers' Awareness About Relations Between Science and Religion. The Debate Between Steady State and Big Bang Theories. *Science & Education*, 24, 1173–1199.
- Braunstein, J.-F. (2003). Thomas Kuhn lecteur de Ludwik Fleck. *Archives de philosophie*, 66, 403–422.
- Brenner, A. (2011). *Raison scientifique et valeurs humaines. Essai sur les critères du choix objectif*. PUF, Paris.

- Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil, Paris.
- Carlone, H.B., Johnson, A., Eisenhart, M. (2014). Cultural perspectives in science education. Dans *Handbook of research on science education II*, Lederman, N.G., Abell, S.K. (dir.). Routledge, New York, 651–696.
- Chambers, D.W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Draw-A-Scientist Test. *Science Education*, 67(2), 255–265.
- Ching Cheung, K.K., Erduran, S. (2023). A Systematic Review of Research on Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 32, 1637–1673.
- Clement, J. (2022). Multiple Levels of Heuristic Reasoning Processes in Scientific Model Construction. *Frontier in psychology*, 13, 750713 [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.750713> [Consulté le 23 avril 2025].
- Cobern, W.W. (1996). Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, 80, 579–610.
- Cobern, W.W., Aikenhead, G. (1998). Cultural aspects of learning science. Dans *International Handbook of Science Education*, Fraser, B.J., Tobin, K.G. (dir.). Kluwer Academic publishers, Dordrecht, 39–52.
- Coll, R.K., Taylor, N. (2004). Probing scientists' beliefs: How open-minded are modern scientists?. *International Journal of Science Education*, 26(6), 757–778.
- Coll, R.K., Taylor, N., Lay, M.C. (2009). Scientists' Habits of Mind as Evidenced by the Interaction Between their Science Training and Religious Beliefs. *International Journal of Science Education*, 31(6), 725–755.
- De Cruz, H. (2022). Religion and Science. Dans *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Zalta, E.N., Nodelman, U. (dir.) [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://plato.stanford.edu/entries/religion-science/> [Consulté le 23 avril 2025].
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., Chai, C.S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95(6), 961–999.
- Désautels, J., Larochelle, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Les Presses de l'université Laval, Québec.
- Dillon, J. (2014). Environmental Education. Dans *Handbook of research on science education II*, Lederman, N.G., Abell, S.K. (dir.). Routledge, New York, 497–514.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press, Buckingham.
- Erduran, S., Dagher, Z.-R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family categories*. Springer, Dordrecht.
- Feist, G.J., Gorman, M.E. (1998). The Psychology of Science: Review and Integration of a Nascent Discipline. *Review of General Psychology*, 2(1), 3–47.

- Fourez, G. (1985). *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*. Vie Ouvrière Édition, Bruxelles.
- Gagnon, M., Hasni, A. (2020). *Pensées disciplinaires et pensée critique : enjeux de la spécificité et de la transversalité pour l'enseignement et la recherche*. Éditions Cursus universitaire, Montréal.
- Garcia-Carmona, A. (2025). Scientific thinking and critical thinking in science education. Two distinct but symbiotically related intellectual processes. *Science & Education*, 34, 227–245.
- Gauld, C. (1982). The scientific attitude and science education: a critical reappraisal. *Science education*, 66(1), 109–121.
- Gauld, C. (2005). Habits of Mind, Scholarship and Decision Making in Science and Religion. *Science & Education*, 14, 291–308.
- Gingras, Y. (2014). *Controverses : accords et désaccords en sciences humaines et sociales*. Conseil national de la recherche scientifique, Paris.
- Gunstone, R. (2015). *Encyclopedia of Science Education*. Springer, Dordrecht.
- Hagège, H. (2018). *Pour une éducation à la responsabilité*. ISTE Editions, Londres.
- Hansson, L. (2014). Students' Views Concerning Worldview Presuppositions Underpinning Science: Is the World Really Ordered, Uniform, and Comprehensible?. *Science Education*, 98(5), 743–765.
- Hansson, L., Redfors, A. (2007). Physics and the possibility of a religious view of the universe: swedish upper secondary students' views. *Science & Education*, 16, 461–478.
- Hervé, N. (2022). *Penser le futur. Un enjeu d'éducation pour faire face à l'Anthropocène*. Le Bord de l'eau, Lormont.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about Science. Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Sense publishers, Boston.
- Holton, G. (1975). On the Role of Themata in Scientific Thought. *Science*, 188(4186), 328–334.
- Höttecke, D., Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in an age of social media. *Science Education*, 104, 641–666.
- Irzik, G., Nola, R. (2011). A family Resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7/8), 591–607.
- Irzik, G., Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. Dans *International Handbook of research in history, philosophy and science teaching*, Matthews, M. (dir.). Springer, Dordrecht, 999–1021.
- Irzik, G., Nola, R. (2023). Revisiting the Foundations of the Family Resemblance Approach to Nature of Science: Some New Ideas. *Science Education*, 32, 1227–1245.
- Kampourakis, K. (2007). Teleology in biology, chemistry and physics education: what primary teachers should know?. *Review of science, mathematics and ICT education*, 1(2), 81–93.

- Kampourakis, K. (2016). The ‘general aspects’ conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682.
- Karaman, A. (2023). Teachers’ Conceptions About Science and Pseudoscience Distinguishing Astronomy from Astrology. *Science & education*, 32(2), 99–528.
- Khisfe, R. (2023). Relationship Between Nature of Science and Argumentation: a Follow-Up Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1081–1102.
- Knorr Cetina, K. (2005). Culture in Global Knowledge Societies: Knowledge Culture and Epistemic Cultures. Dans *The Blackwell Companion to the Sociology of Culture*, Jacobs, M.D., Weiss Hanrahan, N. (dir.). Blackwell Publishing, Oxford, 65–79.
- Kuhn, T.S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion, Paris.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319–337.
- Kuhn, D., Zillmer, N., Crowell, A., Zavala, J. (2013). Developing norms of argumentation: Metacognitive, epistemological, and social dimensions of developing argumentative competence. *Cognition and Instruction*, 31(4), 1–41.
- Lange, J.-M. (2014). Éducation au développement durable : intérêts et limites d’un usage scolaire des investigations multiréférentielles d’enjeux. *Éducation et socialisation. Les cahiers du CERFEE*, 36 [En ligne]. Disponible à l’adresse : <http://edso.revues.org/872> [Consulté le 23 avril 2025].
- Lange, J.-M., Barthes, A. (2021). « Éducation à » et « questions socialement vives » : Éduquer en contexte d’anthropocène. *Carrefour de l’éducation*, 52, 127–141.
- Laugier, S. (2003). Signification et incommensurabilité : Kuhn, Carnap, Quine. *Archives de Philosophie*, 66(3), 481–503.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of Science: Past, Present and Future. Dans *Handbook of research on science education*, Abell, S.K., Lederman, N.G. (dir.). Lawrence Erlbaum associates, Londres, 831–879.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in education*. Cambridge University Press, New York.
- Liu, X. (2013). Expanding notions of scientific literacy: A reconceptualization of aims of science education in the knowledge society. Dans *Science education for diversity – Theory and practice*, Mansour, N., Wegerif, R. (dir.). Springer, Dordrecht, 23–39.
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: from nature of science (NoS) to features of science (FoS). Dans *Advances in nature of science research: concepts and methodologies*, Khine, M. (dir.). Springer, Dordrecht, 3–26.
- Maurines, L. (dir.) (2010). L’enseignement des sciences face au fait religieux. Au-delà des savoirs : l’idée de science. Dans *Sciences et religions. Quelles vérités ? Quel dialogue*. Vuibert, Paris, 346–377.

- Maurines, L. (2024). Étudier les représentations de la créativité du scientifique dans la pratique de modélisation : premiers jalons et résultats exploratoires auprès d'étudiants en CPGEI. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 29, 45–71.
- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M. (2021). Un scientifique peut-il être croyant ? Enquête exploratoire auprès d'étudiants entrant en première année d'étude universitaire en sciences. *Recherches en didactique des sciences et des technologies (RDST)*, 24, 31–58.
- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M., Ramage, M.-J. (2018). Représentations des étudiants sur les scientifiques et les savoirs scientifiques : exploration des caractéristiques associées et de leurs spécificités. *Recherches en Education*, 32, 51–71.
- Merton, E.K. (1938). Science and the social order. *Philosophy of science*, 5, 321–339.
- Michie, M., Hogue, M., Rioux, J. (2018). The Application of Both-Ways and Two-Eyed Seeing Pedagogy: Reflections on Engaging and Teaching Science to Post-secondary Indigenous Students. *Research in Science Education*, 48, 1205–1220.
- Mohan, A., Kelly, G.J. (2020). Nature of Science and Nature of Scientists. Implications for University Education in the Natural Sciences. *Science & Education*, 29, 1097–1116.
- Nersessian, N.J. (2009). Conceptual Change: Creativity, Cognition, and Culture. Dans *Models of Discovery and Creativity*, Meheus, J., Nickles, T. (dir.). Springer, Dordrecht, 127–166.
- OCDE (2023). Agency in the Anthropocene [En ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.oecd.org/en/publications/agency-in-the-anthropocene_8d3b6cfa-en.html [Consulté le 23 avril 2025].
- Osbeck, L.M., Nersessian, N.J., Malo, K.R., Newsletter, W.C. (2013). *Science as Psychology. Sense-Making and Identity in Science Practice*. Cambridge University Press, New York.
- Osborne, J., Allchin, D. (2024). Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education*. doi:10.1080/09500693.2024.2331980.
- Piron, L., Piron, F. (dir.) (2009). *Aux sciences, citoyens !*. Presses de l'Université de Montréal, Montréal.
- Quijano, A. (2017). Coloniality and modernity/rationality. *Cultural Studies*, 21(2/3), 168–178.
- Quiroz, L. (2019). Le leurre de l'objectivité scientifique. Lieu d'énonciation et colonialité du savoir. Dans *La production du savoir : formes, légitimations, enjeux et rapport au monde*. Nice 2019 [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://shs.hal.science/halshs-02422696v1> [Consulté le 23 avril 2025].
- Rabourdin, S. (2024). La subjectivité culturelle dans l'interprétation de la physique quantique. Une comparaison des physiciens indiens et français. Dans *Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance. Questions épistémologiques, éducatives et culturelles*, Maurines, L., Wolfs, J.L. (dir.). MSH Paris-Saclay Éditions, Paris, 29–56 [En ligne] Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.52983/JHDK6206> [Consulté le 23 avril 2025].
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I., Lahanier-Reuter, D. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. De Boeck, Bruxelles.

- Roberts, D.A. (2007). Linné scientific literacy conference. Opening remarks?. Dans *Promoting Scientific literacy: science education research in transaction*, Linder, C., Östman, L., Wickman, P.O. (dir.). Geotryckeriet, Uppsala, 9–17.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 26, 11–30.
- Roth, W.-M., Alexander, T. (1997). The interaction of students' scientific and religious discourses: two case studies. *International Journal of Science Education*, 19(2), 125–146.
- Ryan, A.G. (1987). High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society. IV. The Characteristics of Scientists. *Science Education*, 71(4), 489–510.
- Saroglou, V. (dir.) (2015). *Psychologie de la religion. De la théorie au laboratoire*. De Boeck Supérieur, Louvain-la-Neuve.
- Sauvé, L., Brunelle, R. (dir.) (2003). Éducation relative à l'environnement : Regards-Recherche-Réflexion. Chaire de recherche du Canada en éducation relative à l'environnement. UQAM, Montréal, 4.
- Schmitt, Y. (2021). *Introduction à la philosophie des religions*. Ellipses, Paris.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., Lederman, J.S. (2008). An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. Dans *Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Baltimore, 30 mars-2 avril.
- Sheldrake, R., Reiss, M.J., Lodge, W. (2024). What do you think being a good scientist involves? School students' views about science, scientific research, and being scientists. *International Journal of Science Education*. doi:10.1080/09500693.2024.2385759.
- Shinn, R., Ragouet, P. (2005). *Controverses sur la science. Pour une sociologie transversaliste de l'activité scientifique*. Raisons d'agir, Paris.
- Simonneaux, L., Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement-apprentissage des Questions Socialement Vives. *Revue Francophone du développement durable. Les questions socialement vives*, 4, 109–126.
- Sjöström, J., Eiks, I. (2018). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. Dans *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, Mevarech, Z.R., Baker, D.R. (dir.). Springer, Cham, 24, 65–88.
- Soler, L. (2009). *Introduction à l'épistémologie*. Ellipses, Paris.
- Soler, L. (2024). "La" nature de la science ? Réflexions sur les présupposés monistes et inévitablement inhérents aux conceptions et pratiques de la science dans notre monde. Dans *Les multiples dimensions de l'Homme et de la connaissance. Questions épistémologiques, éducatives et culturelles*, Maurines, L., Wolfs, J.L. (dir.). MSH Paris-Saclay Éditions, Paris, 57–85 [En ligne] Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.52983/DKXB9338> [Consulté le 23 avril 2025].
- Soler, L., Zwart, S., Lynch, M., Israel-Jost, V. (2014). *Science after the practice turn in the philosophy, history and social studies of science*. Routledge, New York.

- Song, J., Chun, J., Na, J. (2021). Why People Trust Something Other than Science. Cases of Acupuncture and Four Pillars of Destiny in Korea. *Science & Education*, 30, 1387–1419.
- Stengers, I. (1995). *L'invention des sciences modernes*. Flammarion, Paris.
- Stenmark, M. (2004). *How to relate science and religion. A multidimensional model*. W.B. Eerdmans Publishing Co, Grand Rapid, Michigan.
- Stenmark, M. (2022). Worldview studies. *Religious studies*, 58, 564–582.
- Talanquer, V. (2007). Explanations and Teleology in Chemistry Education. *International Journal of Science Education*, 29(7), 853–870.
- UNESCO (2015). L'éducation à la citoyenneté mondiale : préparer les apprenants aux défis du XXI^e siècle [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230062> [Consulté le 23 avril 2025].
- Van Eijk, M. (2013). Reflexivity and diversity in science education research in Europe: towards cultural perspectives. Dans *Science education for diversity. Theory and Practice*, Mansour, N., Wegerif, R. (dir.). Springer, Dordrecht, 65–76.
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M.-A., Acevedo-Díaz, J.A. (2006). An analysis of complex multiple-choice science-technology–society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4), 681–706.
- Wolfs, J.-L. (2013). *Sciences, religions et identités culturelles. Quels enjeux pédagogiques pour l'éducation ?*. De Boeck, Bruxelles.
- Yasri, P., Arthur, S., Smith, M.U., Mancy, R. (2013). Relating Science and Religion: An Ontology of Taxonomies and Development of a Research Tool for Identifying Individual Views. *Science & Education*, 22, 2679–2707.
- Zeidler, D.L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research, and Practice. Dans *Handbook of research on science education II*, Lederman, N.G., Abell, S.K. (dir.). Routledge, New York, 697–726.
- Zeidler, D.L., Lederman, N.G., Taylor, S.C. (1992). Fallacies and student discourse: Conceptualizing the role of critical thinking in science education. *Science Education*, 76(4), 437–450.