

10 notions-clés pour enseigner les sciences de la maternelle à la 3^e

**Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi,
Guillermo Fernández de la Garza,
Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss,
Patricia Rowell et Wei Yu**

10 notions-clés pour enseigner les sciences de la maternelle à la 3^e

**sous la directions
de Wynne Harlen
présenté et traduit
par Pierre Léna**

Préparation de copie: Axelle Maldidier
Mise en pages: Marina Smid

Ce livre est paru en anglais sous le titre *Principles
and big ideas of science education* © Wynne Harlen 2010,
Association of Science Education, www.ase.org.uk

Édition française © Éditions Le Pommier, 2011

Tous droits réservés
ISBN: 978-2-7465-0542-1

239, rue Saint-Jacques 75005 Paris
www.editions-lepommier.fr



PRÉFACE

En octobre 2009 se tint un modeste séminaire international, avec l'objectif suivant : identifier les notions-clés que les élèves doivent fréquenter durant leur éducation à la science afin de les rendre capables de comprendre le monde de la nature, d'en tirer plaisir et émerveillement. La motivation d'un tel séminaire provenait d'un constat : à de rares exceptions près, l'approche de la science à l'école ou au collège manquait de cohérence et d'une véritable progression vers des notions suffisamment transversales, pourtant essentielles à l'apprentissage. De nombreux groupes ont développé des programmes nationaux, des instructions et des standards pédagogiques sélectionnant tels ou tels contenus scientifiques ; mais en se focalisant sur ces contenus, ils oublient souvent la cohérence globale qui devrait les unir – l'arbre cache la forêt. Plus que d'un problème de forme, il s'agit d'une question de fond : souvent ce que nous enseignons relève davantage d'une superposition de strates historiques que d'une réflexion mise à jour.

Les participants à ce séminaire étaient divers : scientifiques ou ingénieurs actifs, éducateurs ayant une longue pratique de l'éducation à la science. Tous étaient concernés par son amélioration, non seulement dans leur propre pays mais internationalement. Les brèves notes données en fin d'ouvrage sur chacun d'entre eux montrent la diversité d'expertise qu'ils mirent en commun à cette occasion. Leur disponibilité, malgré de lourdes occupations, pour se rendre en Écosse et rassembler des documents préparatoires suffirait à convaincre, si cela était nécessaire, qu'une tâche importante devait être accomplie.

Ce séminaire fut rendu possible par les fonds du prix Purkwa, décerné par l'Académie des sciences et l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne (France). Il se déroula pendant deux jours et demi sur les bords du Loch Lomond, en Écosse. Le travail se poursuivit par des échanges de correspondance qui progressivement élaborèrent collectivement le présent document. Ma reconnaissance va donc à Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell, Wei Yu, tout comme à Juliet Miller qui enregistra le séminaire et mit au point la présentation de ce rapport.

Wynne Harlen
Duns, juillet 2010

NOTES DU TRADUCTEUR

Bien que la pédagogie d'investigation (*inquiry*), qui forme le filigrane de cet ouvrage, soit identiquement perçue dans les mondes anglo-saxons et francophones, quelques remarques doivent être faites sur de subtiles différences qui apparaissent au fil de la traduction.

Big idea. Ce terme, titre de l'ouvrage original, est apparu dans la littérature anglo-saxonne depuis deux décennies environ. La traduction la moins mauvaise que l'on puisse en donner est « notion-clé », désignant ainsi un concept scientifique ayant un certain degré d'abstraction et capable d'un pouvoir explicatif étendu. *Big idea* est également compris comme formé par l'agrégation de *small ideas*, qui résultent d'expériences ou d'observations parcellaires, progressivement unifiées par un concept plus fédérateur. Nous avons utilisé « notion-clé », ou « ample notion-clé » pour traduire la première, et parfois « petites idées » pour traduire les secondes. Au fil du texte, le mot « idée » est également utilisé dans son sens courant.

Expérience. En français, le mot désigne à la fois un « éprouvé » particulier et personnel, et une expérience scientifique, qui implique un protocole d'observation et de modification d'un phénomène naturel. Le français dispose également du terme *expérimentation*, qui peut avoir le sens scientifique précédent, mais aussi exprimer plus largement la mise en œuvre d'un projet (social ou autre) dont on observera les résultats. Nous avons généralement précisé par le contexte comment entendre la traduction.

Programme. Traditionnellement, en français, il s'agit, au sein du système éducatif, de l'ensemble des instructions délivrées par les autorités de l'éducation et fixant les contenus à enseigner, année par année. L'anglais utilise *curriculum*. Le mot français peut également s'employer dans le sens d'un « programme de travail », désignant alors l'organisation pratique d'une leçon de sciences (séance), ou d'un ensemble d'entre elles (séquences). L'idée de *progression*, au sens du parcours successif d'étapes aux acquis cognitifs progressifs, découle dans les deux langues de la mise en œuvre du programme.

Évidence. Il s'agit d'un des termes, très employé dans l'ouvrage, pour lequel la difficulté est la plus grande. En français, l'évidence est « ce qui entraîne immédiatement l'assentiment de l'esprit » (ROBERT), comme dans les

expressions « se ranger à l'évidence », « c'est évident » (ce qui saute aux yeux et à l'intellect). Cette notion d'immédiateté ne se retrouve pas exactement dans l'usage anglais, qui désigne par *evidence* une conviction qui emporte l'adhésion par le rassemblement d'éléments progressivement construits et portés au jour. Il ne s'agit néanmoins pas d'une « preuve », laquelle résulte d'un processus logique au pouvoir de conviction plus fort, ce qui « est susceptible d'établir la vérité d'une chose, qui corrobore une assertion, qui sert à établir qu'une chose est vraie » (ROBERT). Cette *evidence* est donc à mi-chemin entre l'évidence et la preuve dans leur emploi en français, et son usage ici fréquent reflète bien la situation pédagogique, le tâtonnement guidé au cours desquels se forge progressivement une nouvelle vision des choses, à partir du regard porté sur elles (comme le rappelle l'étymologie *e-videre*). Faute de terme parfaitement adéquat en français, nous avons le plus souvent conservé le mot *evidence*, mais son usage pourra parfois intriguer le lecteur francophone.

Éducation à la science. La science, ou les scientifiques, n'ont pas la prétention d'imposer une vision *scientifique* de l'éducation, même si les apports contemporains des neurosciences enrichissent le regard porté sur l'acte d'apprendre ou sur l'acte d'enseigner. Traduire *science education* par *éducation scientifique* serait donc un contresens intellectuel dangereux. Il faudrait pouvoir dire

à la fois éducation à la science et éducation PAR la science, mais le premier terme suffit et nous l'avons utilisé. Il se distingue à l'évidence des *sciences de l'éducation*, qui en français désignent un champ universitaire très large et parfois flou, mais peut rejoindre par bien de ses aspects la didactique des sciences.

Littéracie scientifique. Traduction littérale et peu élégante de l'anglais *scientific literacy*, ce terme fait pendant opposé à *illiteracy* traduit par *illettrisme*. Nous ne l'avons pratiquement pas utilisé dans la présente traduction. Le terme *innumérisme* a fait récemment (2010) son apparition au Québec pour désigner un manque de pratique dans l'usage des nombres (arithmétique), mais il ne s'applique pas aux sciences de la nature traitées dans cet ouvrage.

Sciences de la nature. Nous regroupons sous ce vocable l'ensemble des sciences faisant appel à l'observation des phénomènes naturels et à l'expérimentation sur ceux-ci. Cela permet de les distinguer clairement des mathématiques, comme le fait la pratique anglo-saxonne qui se réfère généralement à *mathematics and natural sciences*. Les *sciences naturelles* des anciens programmes en France sont aujourd'hui désignées par *sciences de la vie* ou *sciences du vivant*, d'une part, et *sciences de la Terre* (ou géosciences, ou encore sciences de la planète) de l'autre.

AVANT-PROPOS

Ce petit livre est destiné aux professeurs enseignant les sciences, tout particulièrement à l'école ou au collège. Mais il s'adresse aussi aux étudiants qui se préparent au métier de professeur, à ceux qui les forment, aux scientifiques qui réfléchissent sur ce qu'il faut transmettre de la science à tous les élèves et sur les façons de le faire. Sans doute aussi nombre de parents y trouveront-ils matière à réflexion, eux qui cherchent à préparer au mieux leurs enfants à vivre de façon responsable dans un monde changeant, où la science et ses beautés sont parfois vécues comme inaccessibles, sinon ennuyeuses.

Pourquoi un tel livre, maintenant ? Depuis moins de deux décennies s'est développé dans le monde un vaste mouvement questionnant la façon dont la science est transmise par les systèmes éducatifs – école, collège, lycée. De nombreuses enquêtes internationales soigneusement conduites (OCDE/PISA, TIMSS, ROSE)

ont tenté de mesurer l'intérêt de la jeunesse pour la science. Ce qu'elles révèlent n'est pas sans impact sur les politiques éducatives et a conduit les opinions publiques ou la communauté scientifique à la prise de conscience d'un réel problème. À ces images de la science présentes dans la jeunesse se combinent, du moins dans les pays développés, un certain éloignement de cette même jeunesse des métiers techniques ou scientifiques, autant qu'une admiration teintée de distance pour les prouesses des découvertes. Dans le même temps enfin, l'extraordinaire prolifération de celles-ci rend vain l'espoir de tout transmettre, même à un niveau élémentaire, de ces savoirs innombrables portant sur le monde naturel qui nous entoure, des atomes aux étoiles, des bactéries aux dinosaures éteints.

Rassemblés, ces éléments ont conduit à un merveilleux renouveau de la pédagogie de la science, qu'on appelle la pédagogie d'investigation. Renouveau, car ses principes ont une longue lignée d'inventeurs, où l'on retrouvera sans peine Socrate et Alhazen, Comenius et Michael Faraday, Henri Bergson, Célestin Freinet et Maria Montessori, Jean Piaget, Lev Vygotski et Jean Perrin, Franck Oppenheimer mais aussi, plus près de nous dans le temps comme dans l'espace, les physiciens Pierre-Gilles de Gennes et Georges Charpak. La sagesse populaire chinoise, qui aime s'exprimer avec des adages, résume cette pédagogie par : « Vu une fois vaut mieux que cent fois entendu,

fait une fois vaut mieux que cent fois vu. » En France, depuis 1996, l'aventure de *La main à la pâte*, toujours poursuivie, a manifesté ce renouveau.

Ce sont neuf acteurs contemporains de ce renouveau qui se sont associés pour proposer ces réflexions sur les *notions-clés* de la science, celles qui, suffisamment acquises, devraient faire partie du bagage de tout jeune quittant l'école obligatoire vers seize ans, quels que soient son orientation ultérieure et le niveau d'études qu'il poursuivra, ou non. La diversité d'expériences, de champs scientifiques et d'origines géographiques de ces auteurs garantit peut-être à leurs propositions une réelle valeur d'universalité. Néanmoins, ils sont conscients de certaines limites de leur exercice et des propositions qui en résultent.

Personnellement, j'aimerais souligner deux limites qui demeurent à mes yeux. La première, la plus marquante, est que les mathématiques ne sont pas traitées, alors qu'il s'agit bien sûr d'une science, et que leur dimension expérimentale, à l'instar de celle des sciences de la nature, est souvent mise en avant aujourd'hui, notamment lorsqu'il s'agit de pédagogie. Une version plus poussée du travail présenté devrait, à coup sûr, établir ce pont entre mathématiques et sciences de la nature. À la décharge du choix qui est fait figure la grande dissymétrie de traitement, et de qualité d'enseignement, entre ce qui concerne les premières ou les secondes au sein de la scolarité primaire et de début du collège.

La seconde limite concerne les technologies, pour lesquelles les enjeux sont bien différents. Selon les pays, les programmes scolaires et la formation des professeurs isolent (sous les noms de technologie, design, ingénierie) ou ignorent la technologie, ou encore l'associent étroitement à la science, tout en en marquant les spécificités. Bien que le travail ait été ici centré sur la science, il énonce souvent les liens naturels qui l'unissent à la technologie, et la façon dont la pédagogie peut aisément marier les deux.

Enfin, l'explosion du monde numérique et les extraordinaires outils nouveaux qu'il offre à la pédagogie comme au développement professionnel des professeurs ou au travail coopératif ne sont pas explicitement traités. Mais chacune des propositions présentes dans l'ouvrage et concernant l'éducation peut et devra tirer bénéfice de cette omniprésence du numérique dans la société contemporaine.

En 2006 en France, un *socle commun de connaissances et de compétences* a été publié par décret comme une obligation de résultat faite à la scolarité obligatoire, dessinant ainsi une culture commune que ces années d'école sont chargées de construire et atténuant les cloisons entre disciplines traditionnelles. S'agissant des sciences, la rupture est profonde et une école du socle, allant de la maternelle jusqu'à la fin du collège, peut se donner comme l'un de ses objectifs l'acquisition de

notions-clés qui fassent consensus et passionnent toute la jeunesse. L'idée de *Grand Récit*, que propose avec constance Michel Serres comme l'outil de réconciliation de notre époque avec elle-même et avec l'universalité qu'offre la science contemporaine, n'est guère loin de ce socle de connaissances, mais s'ajoute ici la pratique incessante de l'observation, de l'expérience, du raisonnement, de l'énoncé dans la clarté de la langue.

Il est possible, et légitime, de discuter les choix faits en énonçant ces dix notions-clés DE science, ces quatre notions-clés SUR la science. Puisse seulement cet essai nourrir un bonheur de *faire des sciences* dans nos classes et inspirer chez ses lecteurs francophones le désir d'enrichir ou de modifier les idées qui ont guidé notre rédaction collective.

Pierre Léna
Paris, Chandeleur 2011

Nota bene: Les Éditions Le Pommier ont publié en 2009, sous la signature de Béatrice Salviat, Pierre Léna et Yves Quéré, l'ouvrage *29 Notions clés pour savourer et faire savourer la science*. Le lecteur pourra s'étonner de voir le titre du présent ouvrage se référant à nouveau au même concept, ici réduit à dix notions (augmentées de quatre portant sur la science). Que l'on n'y voie nulle incohérence, mais simplement un effort lentement convergent pour mieux cerner l'essentiel de ce qui devrait être transmis lors des années d'école et de collège.

Dix principes gouvernant l'éducation à la science

1. Tout au long des années de la scolarité obligatoire, l'éducation à la science doit systématiquement viser à développer et entretenir la curiosité des élèves envers le monde, leur plaisir à pratiquer des activités scientifiques et leur compréhension des phénomènes naturels.
2. L'ambition principale de cette éducation doit être de permettre à chacun de faire des choix convenablement informés, et d'agir de façon appropriée, tant pour son propre bien-être que pour celui de la société.
3. Cette éducation a également de multiples buts. En particulier, elle doit développer :
 - a. la compréhension d'un certain nombre de notions-clés, incluant des idées DE science et des idées SUR la science et son rôle dans la société ;
 - b. des compétences de nature scientifique, par la capacité à collecter et à utiliser les évidences, éléments de preuve d'une assertion ;
 - c. des attitudes scientifiques.
4. Durant la scolarité, la progression vers les objectifs finaux doit être clairement explicitée, mettre en lumière les idées à acquérir à chaque étape et analyser les concepts concernés en s'appuyant sur les travaux de recherche qui portent sur l'apprentissage.
5. Au sein de chaque notion-clé, la progression doit se faire par le choix de sujets d'étude intéressant les élèves et les concernant dans leur vie.
6. Chaque moment d'apprentissage doit faire appel de façon explicite à un contenu scientifique et à une attitude d'investigation, ceux-ci étant autant que possible en cohérence avec les connaissances scientifiques et le propos éducatif.
7. Toutes les activités conduites doivent approfondir progressivement la compréhension des notions scientifiques, tout en n'ignorant pas d'autres buts, comme le développement de capacités et d'attitudes.
8. Les programmes proposés aux élèves, de même que la formation initiale ou continue de leurs maîtres, doivent être cohérents avec les méthodes d'enseignement et d'apprentissage requises pour atteindre les buts mentionnés en 3.
9. L'évaluation joue un rôle décisif dans l'éducation à la science. L'évaluation formative de l'apprentissage par les élèves, de même que l'évaluation sommative de leur progression doivent s'appliquer à chacun des buts poursuivis.

10. Dans la poursuite de ces objectifs, l'enseignement scientifique doit favoriser la coopération entre professeurs et l'engagement de la communauté, y compris celle des scientifiques de métier.

Dix notions-clés DE science

1. Toute la matière du monde est constituée de particules de taille minuscule.
2. Certains objets peuvent avoir un effet sur d'autres objets situés à distance des premiers.
3. Pour modifier le mouvement d'un objet, il faut qu'une force agisse sur lui.
4. L'énergie est transformée lors de certains changements ou événements, mais la quantité totale d'énergie présente dans l'univers demeure toujours la même.
5. La composition de la Terre et de son atmosphère détermine sa surface et son climat.
6. Le système solaire représente une minuscule partie d'un univers formé de milliards de galaxies.
7. Les organismes vivants sont tous organisés à partir de cellules.

8. Pour subsister, les organismes vivants ont besoin d'énergie et de matière, pour lesquelles ils sont souvent en compétition avec ou en dépendance d'autres organismes.

9. L'information génétique est transmise d'une génération d'organismes vivants à la suivante.

10. La diversité des espèces, vivantes ou éteintes, est le résultat d'une évolution.

Quatre idées SUR la science

1. La science présume que chaque effet observé possède une ou plusieurs causes.
2. Les explications scientifiques, les théories et les modèles acceptés constituent la meilleure représentation possible des faits qui sont connus à un moment donné.
3. Les connaissances produites par la science sont utilisées dans les technologies afin de créer des produits qui servent des buts définis par l'homme.
4. Les applications de la science ont, bien souvent, des implications éthiques, sociales, économiques et politiques.