

## *Chapitre quatre*

# ENSEIGNER AVEC LES NOTIONS-CLÉS POUR OBJECTIF

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à la façon dont l'enseignement doit être orienté, en vue du développement des notions-clés, d'une façon qui soit en accord avec les principes essentiels d'une éducation à la science. Répondre pleinement à cette question demanderait de prendre en compte le programme, la pédagogie, les connaissances et le rôle du maître, le rôle des élèves et celui des ressources (y compris le matériel expérimental, les phénomènes naturels et l'entourage). Notre centre d'intérêt sera ici la pédagogie et nous ne traiterons que brièvement des autres facteurs.

C'est le rôle du programme que de fixer les buts de l'apprentissage et les principes devant en guider la mise en place. Il convient de garder à l'esprit ceci : l'objectif de conduire tous les élèves à développer les notions-clés possède des implications sur la manière selon laquelle ces objectifs sont explicités. Les notions doivent être exprimées dans des termes que chacun puisse comprendre – non pas simplement les professeurs, les chercheurs en éducation et les scientifiques, mais

également les parents et d'autres personnes pouvant être concernées par l'éducation des élèves. Des descriptions comme celles données au chapitre 3, peut-être plus approfondies et détaillées, peuvent faire comprendre que le but final est la compréhension de relations, et non l'apprentissage d'une série de faits ou une collection de notions élémentaires (« petites idées »). Un document de programme doit également indiquer la progression vers les notions-clés d'une façon qui rende explicite le caractère continu du processus allant vers une compréhension sans cesse plus élargie. Il faudrait qu'à chaque étape de la progression il soit possible aux professeurs, aux parents ou à d'autres de la relier à une étape de la notion-clé, rendant ainsi clair le but de l'activité conduite.

Un programme fondé sur les notions-clés pourrait bien présenter un caractère universel puisque la science est universelle. Mais les contingences culturelles et économiques détermineront comment le programme peut être mis en œuvre dans des pays différents. Comme nous l'avons énoncé dans le principe 5, ce n'est pas le rôle du programme d'établir comment les objectifs seront atteints. C'est le rôle de la pédagogie.

## Pédagogie

La pédagogie, entendue dans son sens le plus large, ne signifie pas seulement l'acte d'enseigner mais

également les théories, les valeurs et justifications qui le sous-tendent ainsi que les talents et la créativité nécessaires pour proposer des activités d'apprentissage efficaces et pour inciter les élèves à s'y engager.

Lorsqu'il faut faire des choix entre ces aspects de la pédagogie, nos principes peuvent fournir des références importantes. Le premier principe souligne qu'un but tout à fait général de l'éducation à la science est le développement de réponses affectives à une investigation sur le monde naturel. Cela est renforcé par le principe 7, lequel, bien qu'il ne nie pas qu'apprendre la science puisse être ludique en stimulant l'émerveillement devant les phénomènes, indique que cela ne doit pas être le seul objectif des activités des élèves ; celles-ci doivent également faire progresser leur compréhension. Toute activité possède évidemment un contenu, mais il se peut que ce contenu inclue aucune science même s'il semble qu'il emploie des compétences également utilisées en science. Cela est également souligné dans le principe 2, qui pose comme but que tous les élèves doivent s'habituer à porter un regard scientifique sur les choses, ce qui est implicite dans la notion de *littéracie scientifique*. Cela ne peut se produire que lorsque les élèves s'engagent dans une activité dont le contenu requiert une compréhension scientifique.

Les principes 3 et 8 se soucient particulièrement d'atteindre une série d'objectifs comprenant aussi bien les notions-clés que des compétences et attitudes.

L'importance des compétences dans le développement des notions résulte d'une discussion antérieure (page 80) sur la façon dont les élèves tentent de donner sens à une nouvelle expérience en appliquant et testant les idées qu'ils possèdent, comme le font les scientifiques. La validité d'une idée est testée en faisant une prédiction, puis en collectant une nouvelle évidence pour voir si ce qui se passe est en accord avec la prédiction. Le résultat peut permettre de conclure que la notion explique également cette nouvelle expérience, et la notion devient alors plus ample puisqu'elle recouvre davantage de phénomènes. Ou bien la notion peut être rejetée parce qu'en désaccord avec l'évidence nouvelle, et il faut alors rechercher une autre notion. Néanmoins, ce qui émerge à partir de ce type de test dépend de la façon dont la prédiction, l'observation, la collecte et l'interprétation des données sont faites ; en d'autres termes, cela dépend de l'ampleur des connaissances et des compétences d'investigation scientifique qui ont été utilisées. Si bien que ces compétences d'investigation jouent un rôle essentiel dans le développement des notions ; aider les élèves à utiliser ces compétences est un but important de l'éducation à la science. La pédagogie qui vise au développement des notions-clés doit donc promouvoir également le développement des compétences d'investigation.

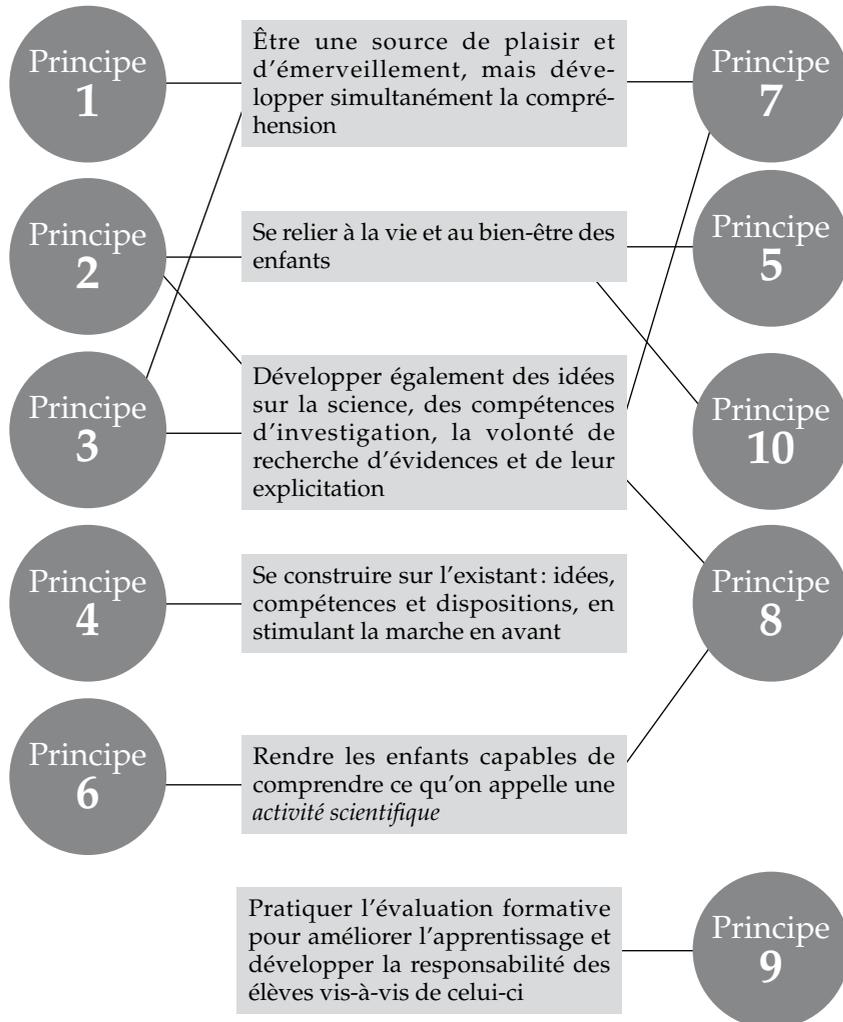
Les principes 4 et 5 requièrent des activités telles que les étudiants puissent les relier à leur expérience quotidienne et à leurs apprentissages antérieurs, tandis

que le principe 6 requiert que les maîtres proposent aux élèves de développer leurs idées en cours d'émergence par diverses sortes d'activités scientifiques, reproduisant ce que font les scientifiques. Le principe 9 énonce le rôle de l'évaluation comme une partie de l'enseignement qui permet de réguler l'intensité du challenge que proposent les activités et qui associe les élèves à leurs choix portant sur la façon de progresser. Cela demande que les maîtres et les élèves soient au clair sur les objectifs et que les maîtres sachent où en sont les élèves dans leur progression vers les notions-clés et les compétences. Le principe 10 se rapporte au rôle des ressources, humaines ou autres, et au bénéfice mutuel des collaborations, tant pour les écoles que pour la communauté locale.

Les implications, sur le contenu autant que sur la pédagogie, résultent de l'application de ces principes au choix des activités proposées aux élèves. En ce qui concerne le contenu, passer du temps lors d'une classe de science à s'intéresser à un phénomène particulier doit être justifié comme facilitant la progression vers les notions-clés. En fait, ce n'est peut-être pas une exigence particulièrement forte puisque les notions que nous avons identifiées sont susceptibles d'interprétation étendue. Néanmoins, chercher à expliciter la façon dont une activité peut contribuer à la progression est utile, ne serait-ce que pour éviter de tomber dans le piège de la répétition d'une activité année après année, soit par habitude, soit parce qu'elle semble toujours « marcher ».

## Mise en œuvre des principes de l'éducation à la science lors des activités des élèves

Les activités doivent ....



Mais que l'on progresse ou non dans l'apprentissage lié aux notions-clés dépend également de la pédagogie – la façon dont les élèves sont aidés dans leur motivation, réfléchissent et relient l'objet d'étude à d'autres expériences. Même un contenu potentiellement utile et attirant peut échouer à faire progresser la compréhension si les activités se réduisent à suivre des instructions et à apprendre des réponses par cœur. De telles activités ne contribuent pas aux objectifs d'une éducation à la science énoncés dans le principe 3.

### Différents aspects d'une pédagogie efficace en sciences

Une pédagogie cohérente avec nos principes possède un certain nombre de caractéristiques actuellement reconnues comme essentielles à son efficacité: investigation, constructivisme individuel et socioconstructivisme, utilisation de l'évaluation formative. Ce sont là des aspects différents mais complémentaires de cette pédagogie.

**Investigation** signifie que les élèves développent leur compréhension par leurs propres recherches, qu'ils collectent et utilisent des données pour tester leurs idées et découvrent les idées les plus adéquates pour expliquer ce qui est trouvé. La source de ces données peut être une manipulation directe d'un dispositif expérimental, l'observation de phénomènes ou l'utilisation de sources

secondaires d'information telles que des livres, Internet ou des personnes. L'interprétation des données afin de construire les évidences qui permettent de tester les idées peut inclure des discussions avec les autres élèves ou le professeur, et également la connaissance de ce que des experts du sujet ont pu conclure. Tout cela suppose implicitement que les élèves s'engagent dans des activités assez semblables à celles dans lesquelles les scientifiques eux-mêmes s'engagent pour développer leur compréhension. En devenant conscients de la nature de ces activités, les élèves développent leurs idées SUR la science.

**Le constructivisme** se rapporte à l'émergence consciente des idées que possèdent les élèves, de leurs compétences et de leurs attitudes face à un événement ou un phénomène objet de l'étude, ainsi qu'à l'usage de cette information pour progresser dans l'apprentissage. Le constructivisme reconnaît que les élèves eux-mêmes sont les agents du développement ou de la modification de leurs idées et, en pratique, cela signifie que l'on aide les élèves à considérer d'autres idées qui pourraient être plus adéquates que les leurs dans l'explication du monde qui les entoure. Une source féconde d'idées possibles est la discussion des idées proposées par d'autres élèves, si bien qu'au lieu de laisser les élèves développer leurs idées individuellement (constructivisme individuel) il est plus fécond d'encourager la discussion et l'argumentation au cours desquelles les idées sont

développées de façon collective. Ce processus, au cours duquel les élèves communiquent et défendent leurs idées, les aide à reformuler leurs propres idées en tenant compte de celles des autres.

**L'utilisation d'une évaluation formative** est un processus cyclique et continu au cours duquel une information, portant sur les idées des élèves et leurs compétences, contribue à l'enseignement en cours et facilite un engagement actif des élèves dans leur apprentissage. Cela suppose la collecte de ce qui apparaît au fur et à mesure comme appris, l'interprétation de cet acquis en termes de progrès en direction du but du travail, l'identification des étapes suivantes les plus appropriées, enfin des décisions sur la façon de mettre en œuvre ces étapes. Cette évaluation régule l'enseignement et les processus d'apprentissage pour garantir que la progression de l'apprentissage inclut la compréhension, apportant également au professeur et à l'élève un regard sur ce qui est acquis. Cette évaluation joue de même un rôle central en permettant aux élèves de s'approprier leur apprentissage, ce qui est un des aspects essentiels d'une véritable compréhension. Cette appropriation demande que les élèves perçoivent le but du travail qui leur est demandé ainsi que les critères de qualité qui serviront à le juger, si bien qu'ils peuvent eux-mêmes vérifier s'ils sont ou non dans la ligne des objectifs poursuivis. Cela les place en position d'identifier, avec leurs maîtres, les

étapes suivantes de leur apprentissage et de se sentir quelque peu responsables de leur progression vers ses objectifs.

Bien que ces trois aspects de la pédagogie se recouvrent en partie, leur contribution à l'apprentissage des élèves est différente. L'investigation concerne le développement de la compréhension à partir de l'utilisation des évidences. Mais bien que les idées apparaissant au cours de l'investigation puissent se développer à partir d'idées préexistantes chez l'élève, l'investigation ne le requiert pas nécessairement. Elle ne demande pas non plus une autoévaluation par l'élève ou par ses camarades. Pour sa part, le constructivisme met l'accent sur le fait que le progrès trouve son origine dans les idées et les compétences que les élèves tirent de leurs expériences passées, ainsi que du rôle de l'évidence et de l'argumentation avec d'autres dans l'émergence progressive d'idées plus scientifiques. Néanmoins, ce constructivisme est peu disert sur la façon de rassembler des évidences, la nature de la progression ou le rôle de l'autoévaluation par les élèves. L'évaluation formative souligne l'importance d'une régulation de l'enseignement pour rester en phase avec la compréhension chez ceux qui apprennent. Son noyau central est l'implication des élèves dans leur propre apprentissage, en leur donnant l'information et les compétences dont ils ont besoin pour mesurer leurs progrès, en relation directe avec les objectifs

visés, et pour se sentir responsables de leur propre apprentissage.

### **Enseigner en gardant à l'esprit les notions-clés**

Il manque encore pourtant quelque chose, qui est une référence explicite au développement des notions-clés. Il faut donc poser la question : comment un travail qui garde à l'esprit les notions-clés conduit-il à une pédagogie différente ?

Supposons que soit mise en place une pédagogie rendant possible l'investigation, fondée sur une vision constructiviste de l'apprentissage et incorporant des stratégies d'évaluation formative. Quelle différence cela ferait-il si l'on énonçait les buts de l'éducation à la science en les identifiant comme une progression vers les notions-clés ?

Une première étape demanderait que le professeur soit conscient du lien existant entre les buts d'une séance ou d'une série de séances et le développement d'une notion-clé. Aussi petites que soient les idées pouvant être développées dans les leçons portant sur un sujet particulier, il devrait être possible de les considérer comme des étapes (verticales, horizontales ou en spirale – voir chapitre trois) en direction d'une notion-clé. Par exemple, planter des graines et des pierres dans le sol pour voir si elles croissent fait réfléchir les élèves aux différences qui existent entre des « choses » vivantes ou

non vivantes, les conduisant éventuellement quelques années plus tard à reconnaître la structure cellulaire propre aux organismes vivants.

Il est plus facile de discerner, dans ce que font des élèves plus âgés, les liens entre les buts d'une activité particulière et les notions-clés, parce que les idées qui sont alors développées dans leurs activités sont vraisemblablement déjà assez amples. Avec des enfants très jeunes, il peut être assez difficile de décider qu'une activité quelconque n'est pas pertinente par rapport aux notions-clés de la science puisqu'une interprétation très large est alors possible. Néanmoins, le temps passé à des activités différentes doit refléter leur importance dans le développement d'une compréhension plus globale. Garder à l'esprit les notions-clés de la science signifiera que :

- Les professeurs passeront davantage de temps pour permettre aux élèves d'étudier en profondeur certains objets, événements ou phénomènes, appropriés à leur âge et à leur développement cognitif. Ces sujets d'étude seront choisis de façon à posséder une relation tout à fait explicite à l'une ou plusieurs des notions-clés, pour le maître ou tout observateur de la classe. Ils permettront alors la compréhension progressive d'un cheminement vers les notions-clés. Les professeurs seront conscients alors de la façon dont les idées que les enfants développent à partir de leurs activités conduisent vers des notions-clés plus globales et ils pourront donc justifier le temps qu'ils y consacrent.

Mais ce n'est pas parce qu'un lien existe en théorie que les activités contribuent automatiquement de façon efficace à une compréhension globale telle que la notion-clé la résume. Cette contribution dépend de la façon dont les professeurs aident les élèves à construire des liens qui progressivement créent des idées plus amples et plus abstraites. La façon de progresser dans le développement d'idées de plus en plus abstraites est l'une des plus grandes difficultés de l'enseignement scientifique. La science commence par l'observation de notre entourage – une pierre, la Lune, une plante – et progresse par une généralisation graduelle des observations ou constatations expérimentales vers des catégories plus abstraites – force, gravitation, atome. À ces niveaux d'abstraction, le sens commun n'est plus très utile et des formulations mathématiques ou symboliques sont requises. Les professeurs ont besoin d'être conscients de ces étapes successives d'abstraction et de s'assurer que leurs élèves ont la capacité de les franchir, en reconnaissant que les idées plus abstraites approfondissent la compréhension des observations de tous les jours. Dès lors :

- Les professeurs aideront les élèves à percevoir comment les idées qui émergent des investigations conduites en classe sont en rapport avec les objets ou les perceptions de leur vie quotidienne. Ils aideront les élèves à reconnaître les liens existants entre leurs expériences passées et nouvelles ; entre leurs idées passées et nouvelles. La

reconnaissance de ces liens fait de la pratique de la science une expérience très intéressante.

- Les professeurs vont construire de façon consciente la compréhension de leurs élèves en direction des notions-clés, s'assurant donc que les élèves parviennent progressivement à une image du monde qui ne soit pas une collection d'affirmations indépendantes mais qui soit formée d'éléments mis en relation les uns avec les autres. Si l'on ne fait pas ces liens, si l'on ne réalise pas la cohérence des idées, la science est fragmentée. De même qu'une maison n'est pas simplement un tas de pierres, de même la science n'est pas une accumulation de faits déconnectés.

- Par la discussion sur les investigations scientifiques qu'ils conduisent, les élèves prennent progressivement conscience de l'universalité des idées scientifiques et de leur application dans la compréhension des phénomènes à très grande échelle et à très petite échelle.

Tout en développant les notions-clés DE science, les élèves doivent également développer des notions-clés SUR la science. Un point central est ici que les élèves prennent conscience de l'importance de l'évidence qui fonde chacune des idées de science qu'ils développent, ce qui établit progressivement pour eux les évidences plus construites sur lesquelles se fondent ces notions-clés. Dès lors:

- La façon selon laquelle les professeurs questionneront leurs élèves encouragera ceux-ci à reconnaître qu'il

leur faut présenter des évidences pour justifier leurs affirmations et leurs idées. Cela aidera les élèves à admettre que les faits ne sont pas une question d'opinion personnelle et qu'ils peuvent être regardés d'une autre façon à la lumière de nouvelles évidences.

- Les professeurs aideront les élèves à décider comment collecter et interpréter des données, comment les utiliser comme source d'évidences pour répondre à leurs questions. La prise de conscience de ces processus par les élèves sera favorisée par une discussion des investigations menées dans le groupe et également au travers d'exemples de la façon dont les scientifiques testent leurs idées.

- La discussion sur certains épisodes de l'histoire des sciences sera utilisée pour montrer comment l'évidence a, ou non, été utilisée dans le passé pour accompagner le développement des idées, et comment les progrès de la technologie ont facilité le progrès de la compréhension scientifique et vice versa.

### **Les notions-clés et la compréhension de la science par les professeurs**

En ce qui concerne les notions-clés de science, les professeurs de l'école primaire rencontrent des challenges particuliers. D'abord, les activités des jeunes enfants sont généralement focalisées sur l'exploration de leur environnement proche et sur les

« choses » vivantes et non vivantes qui s’y trouvent. Leurs investigations et observations conduisent à de petites idées dont la connexion avec les notions-clés de la science peut paraître bien ténue. Dans bien des cas, la propre formation scientifique des professeurs ne leur a guère donné de compréhension personnelle des notions-clés et ils n’ont eu que peu d’occasions de comprendre comment les éléments d’information qu’ils possèdent peuvent être reliés. Il est donc vraisemblable qu’ils ne sont pas à l’aise pour percevoir les liens entre les idées qui sont développées lors des activités de classe et des idées plus largement applicables, donc ils ne sont pas dans une position qui leur permette d’aider leurs élèves à progresser en direction de ces idées. Une difficulté supplémentaire est leur manque de confiance pour enseigner la science, manque qui résulte d’une expérience personnelle souvent très modeste et d’une compréhension floue de ce qu’est l’activité scientifique.

À l’école secondaire, les liens entre les activités d’apprentissage et les notions-clés sont vraisemblablement plus perceptibles. Mais ici les professeurs peuvent également souffrir de connaissances limitées dans certains domaines de la science – avoir été formés en biologie, par exemple, et avoir à enseigner la physique. Ils peuvent aussi manquer de l’expérience directe d’une véritable activité scientifique qui leur donnerait confiance lorsqu’ils veulent communiquer des idées SUR la science à leurs élèves.

Pour tous les professeurs, l’idéal serait qu’ils aient une compréhension personnelle des notions-clés DE science et SUR la science. S’ils ne l’ont pas acquise lors de leurs propres années d’études scientifiques, peut-on espérer qu’ils l’acquiert durant leur formation professionnelle initiale ou dans un développement professionnel ultérieur ? Bien sûr, une éducation à la science complète ne peut être condensée dans le temps limité des cours de formation initiale ou des actions de formation continue. Mais les professeurs, et les étudiants qui le deviendront, sont des adultes intelligents. Ils possèdent une expérience pertinente et des connaissances plus étendues qu’ils ne le perçoivent souvent. En tant qu’adultes – il faut souligner ici que cela ne serait pas adéquat pour des élèves –, se familiariser avec les notions-clés présentées sous une forme essentiellement descriptive peut les aider à donner sens à leur propre expérience. Cela peut les aider à rassembler des fragments de connaissances présentes à leur mémoire, et les conduire naturellement au plaisir de donner sens à des faits qui jusque-là leur paraissaient au-delà de leur compréhension.

Leur engagement dans ce processus représente beaucoup plus que lire et discuter les descriptions narratives des notions-clés. Il peut consister en une forme d’investigation dans laquelle ceux qui apprennent puisent dans leur expérience et dans celle des autres pour y découvrir des évidences qui vont leur permettre

de donner sens à la narration. Une coconstruction sociale des notions faite de cette manière ne conduira sans doute pas à une compréhension complète des notions-clés, mais pourrait initier un processus continu d'approfondissement de la compréhension, un processus qui rende les professeurs plus capables d'aider les élèves à progresser.

Apprenant ainsi des éléments de science par une investigation conduite à leur propre niveau, les professeurs comprendront mieux ce qu'est l'investigation scientifique. Cela requiert que l'on donne le temps aux professeurs ou aux étudiants en formation pour s'interroger sur des faits relativement simples de leur vie quotidienne; des questions telles que: pourquoi le papier toilette est-il fait de plusieurs couches? Pourquoi la glace flotte-t-elle? Pourquoi l'extérieur d'une canette de bière devient-il humide quand on la sort du réfrigérateur? Lors de telles occasions, les professeurs ne sont plus dans leur rôle de professeur, ils deviennent réellement investigateurs de ces phénomènes courants. Une réflexion sur ce qu'ils avaient initialement compris ou cru, ce qu'ils découvrent, la façon dont ils le découvrent peuvent les conduire à pénétrer la façon dont la science travaille.

Ces expériences de première main, mises en place lors de la formation des professeurs, doivent se compléter par un soutien et un accompagnement constant pour développer chez eux la compréhension de la science

et la mise en œuvre d'une pédagogie efficace. Une compréhension personnelle de la science et de la façon d'enseigner tel ou tel concept peut résulter, par exemple, de contacts directs avec des enseignants plus expérimentés, des scientifiques, de liens avec des étudiants d'universités scientifiques accompagnant des classes ou encore par Internet. Ces modalités seront d'autant plus optimales que ceux qui les mettront en œuvre s'y prépareront en gardant à l'esprit les notions-clés et en adhérant à l'objectif d'en développer la compréhension progressive par les élèves.

### En conclusion

Dans cet ouvrage, nous avons énoncé les principes qui, à notre sens, doivent étayer l'éducation à la science de tous les élèves au cours de leur scolarité. Un principe fondamental est qu'il faut aider les élèves à développer des notions-clés DE science et SUR la science, en les amenant à comprendre les aspects scientifiques du monde qui les entoure et en leur permettant des prises de décision informées concernant les applications de la science. Ce type de compréhension demande que les élèves soient intéressés par ce qui leur est proposé et le considèrent comme ayant un sens dans leur propre vie. Nous avons montré comment, à partir de *petites idées* portant sur des événements, des phénomènes ou des objets particuliers, il est possible de progresser

vers des notions-clés plus abstraites et plus largement applicables ; nous avons proposé les modalités d'une pédagogie indispensable à cette progression.

Nous sommes tout à fait conscients que ce travail est loin d'être définitif, mais nous espérons qu'en rendant ce que nous avons construit disponible à d'autres nous stimulerons des réflexions ultérieures sur les buts et les méthodes d'une éducation à la science adaptée au XXI<sup>e</sup> siècle.