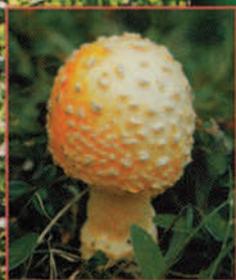


L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE *au primaire*

André Caillé



Presses de l'Université du Québec

L'ENSEIGNEMENT
DES SCIENCES
DE LA NATURE
au primaire

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
Le Delta I, 2875, boulevard Laurier, bureau 450
Sainte-Foy (Québec) G 1 V 2M2
Téléphone : (418) 657-4399 • Télécopieur : (418) 657-2096
Courriel : puq@puq.quebec.ca Internet : www.puq.quebec.ca

Distribution :

CANADA et autres pays

DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS S.E.N.C.
845, rue Marie-Victorin, Saint-Nicolas (Québec) G7A 3S8
Téléphone : (418) 831-7474/1-800-859-7474 • Télécopieur : (418) 831-4021

FRANCE
DISTRIBUTION DU NOUVEAU MONDE
30, rue Gay-Lussac, 75005 Paris, France
Téléphone : 33 1 43 54 49.02
Télécopieur : 33 1 43 54 39 15

SUISSE
GM DIFFUSION SA
Rue d'Etraz 2, CH-1027 Lonay, Suisse
Téléphone : 021 803 26 26
Télécopieur : 021 803 26 29



La *Loi sur le droit d'auteur* interdit la reproduction des oeuvres sans autorisation des titulaires de droits. Or, la photocopie non autorisée – le «photocopillage» – s'est généralisée, provoquant une baisse des ventes de livres et compromettant la rédaction et la production de nouveaux ouvrages par des professionnels. L'objet du logo apparaissant ci-contre est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit le développement massif du «photocopillage».

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE *au primaire*

André Caillé

2003



Presses de l'Université du Québec
Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bur. 450
Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 2M2

Données de catalogage avant publication (Canada)

Caillé, André, 1937-

L'enseignement des sciences de la nature au primaire
Comprend des réf. bibliogr. et un index

ISBN 2-7605-0844-7

1. Sciences naturelles – Étude et enseignement (Primaire). 2. Sciences – Étude et enseignement (Primaire). 1. Titre.

LB 1585.5.C3C35 1996

372.3'57044

C95-941818-0

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour nos activités d'édition.

Révision linguistique : LINDA TREMBLAY

Mise en pages : INFO 1000 MOTS INC.

Conception graphique de la couverture : RICHARD HODGSON

Photographie principale de la couverture : ART TILLEY-FPG / MASTERFILE

I 23456789 PUQ 2003 987654321

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés

© 1995 Presses de l'Université du Québec

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 1996

Bibliothèque nationale du Québec / Bibliothèque nationale du Canada

Imprimé au Canada

Table des matières

Avant-propos	XI
Chapitre 1 Les caractéristiques des sciences de la nature	1
Introduction	3
Conceptions des sciences de la nature	5
Recherche d'une définition du mot « science »	7
Un modèle des sciences de la nature	12
Sciences de la nature et technologie	20
L'élève en interaction avec la nature	22
Bibliographie	25
Chapitre 2 La démarche scientifique au primaire	27
Introduction	29
L'enseignement déductif	34
Les habiletés scientifiques	36
Les habiletés manuelles ou. de laboratoire	79
Les attitudes et les valeurs scientifiques	81
Bibliographie	83

Chapitre 3 Les raisons d'être des sciences	
de la nature au primaire	85
Introduction	87
Les raisons d'être de l'enseignement des sciences	92
Les buts de l'enseignement des sciences au primaire	98
Les sciences et les autres matières	104
Le temps d'enseignement	108
Bibliographie	113
Chapitre 4 L'investigation en sciences	
de la nature au primaire	115
Introduction	117
La nature : une mine d'informations	118
Les systèmes perceptifs	126
La théorie de la perception de Gibson	127
Quelques principes didactiques	132
La nature et l'importance de la manipulation	134
Quelques résultats de recherche	136
Bibliographie	138
Chapitre 5 L'approche constructiviste	
et les sciences de la nature	141
Introduction	143
La nature du constructivisme	144
Le constructivisme et les sciences de la nature	149
Bibliographie	153
Chapitre 6 Vers une pédagogie	
de l'enseignement des sciences	155
Introduction	157
Les modes d'enseignement des sciences	158
Les éléments d'une pédagogie des sciences	160
Les étapes de la pédagogie des sciences	163
Autres formules pédagogiques	182
Bibliographie	193

Chapitre 7 Les conceptions préalables des élèves	195
Introduction	197
L'importance de tenir compte des conceptions préalables des élèves	199
Façons de dégager les conceptions préalables des élèves	205
Bibliographie	211
Chapitre 8 Comment aider les élèves à préparer leurs expériences	213
Introduction	215
L'exploration libre	215
L'activité guidée	218
L'expérience contrôlée	221
Bibliographie	232
Chapitre 9 Comment questionner les enfants en sciences de la nature	233
Introduction	235
Les types de questions	238
L'art de poser des questions	241
Les temps d'arrêt entre les questions	246
Suggestions de Carin et Sund	250
Bibliographie	251
Chapitre 10 L'apprentissage coopératif en sciences de la nature	253
Introduction	255
Les conceptions de l'interaction	257
Les recherches relatives à l'apprentissage coopératif	261
L'introduction de l'interaction sociale en classe	268
Bibliographie	276

Chapitre 11 Comment évaluer les apprentissages des élèves	279
Introduction	281
La nature de l'évaluation	285
L'évaluation orale et écrite	290
Les grilles d'observation	299
L'évaluation pratique	313
Bibliographie	318
Chapitre 12 Les contraintes relatives à l'enseignement des sciences	319
Introduction	321
L'état de la question	323
Les contraintes	328
Le climat de la classe	338
Conclusion	343
Bibliographie	345
Index des auteurs	347
Index thématique	349

Avant-propos

Avant d'aller plus loin dans le présent document, une mise en garde s'impose.

En effet, tout ce qui y sera proposé devra être considéré avec un esprit critique, car il s'agit dans bien des cas d'un essai de rationalisation de préférences personnelles. Il faudra donc considérer les propositions énoncées comme des hypothèses, c'est-à-dire comme des affirmations, des justifications ou des explications qui nécessiteront analyses, discussions, vérifications et évaluations.

Cet ouvrage veut être une synthèse particulière, un point de vue personnel et les lecteurs et lectrices ne devront pas se contenter passivement de l'interprétation qui y est proposée. Nous espérons plutôt qu'ils sauront, tout au long du document, marquer leur accord ou leur désaccord avec ce qui est proposé et qu'ils tenteront de formuler leur propre interprétation ou synthèse du sujet.

Nous avons tenté d'éviter de courir après les théories vedettes qui ne sont souvent que des idées anciennes hâtivement repeintes au goût du jour. La mode, on le sait, est un éternel retour. Elle ne fait souvent que recouvrir l'extérieur des choses et nous invite plus souvent qu'autrement à suivre plutôt qu'à réfléchir. Le présent document ne prétend pas assurer des lendemains qui chantent. Il ne sera donc pas question de présenter des théories que personne ne peut appliquer dans une classe régulière.

L'originalité ne sera pas l'essentiel de notre propos, notre but n'étant pas nécessairement de penser neuf, mais d'essayer de penser juste. Nous chercherons à imposer notre marque à la riche anarchie des conceptions qui s'appliquent à l'enseignement des sciences au primaire. Cet ouvrage ne prétend donc pas fournir une matière toute neuve, ni faire preuve d'érudition, ni couvrir tout le domaine et tous les aspects de la pédagogie des sciences de la nature. La spécificité du document et l'intérêt que les lecteurs voudront bien y trouver tiennent d'abord à la tentative qui y est faite de situer, les uns par rapport aux autres, un ensemble de concepts et de pratiques assez disparates dans un tout global, cohérent et structuré.

Il importe donc de parcourir ce texte avec un esprit critique et de se méfier des idées qui, à première vue, semblent fournir réponses à toutes les questions.

Certaines des notions qui seront présentées peuvent déconcerter ceux et celles qui cherchent des solutions toutes faites. Ils n'y retrouveront pas de certitudes qui emporteront l'assentiment de tous. Ce document ne proposera pas de solutions, de modèles, de systèmes, de techniques ou de méthodes miracles.

La mise en garde étant faite, nous pouvons donner un aperçu du contenu du présent document. Ce traité voudrait se construire sur trois thèmes distincts.

Premièrement, ce document veut initier les futurs maîtres et les maîtres en exercice à une pédagogie des sciences de la nature au primaire basée sur l'investigation scientifique de l'élève. Plusieurs idées et exemples pratiques seront proposés afin de les aider dans leur tâche quotidienne. Les directeurs et les directrices d'école ainsi que les responsables du dossier des sciences de la nature dans les commissions scolaires y trouveront aussi de nombreuses idées leur permettant de mieux jouer leur rôle.

Deuxièmement, ce document vise à faire réfléchir les lecteurs et les lectrices, puis à les amener à discuter certains concepts fondamentaux ainsi que la vision proposée de l'enseignement des sciences de la nature au primaire. Il s'agit, en fait, d'une vaste entreprise. Il importe donc, dès le départ, de se préparer à rejeter puis à remplacer certaines erreurs, certaines interprétations, ou certaines simplifications abusives qui auraient pu se glisser. Ce document veut être un outil de réflexion et de travail plutôt que l'énoncé d'une doctrine. S'il stimule les échanges, suscite une remise en question et provoque une contestation constructive, il aura atteint son but.

Finalement, ce document, comme tout discours, veut être une production et un déplacement de sens. Il ne vise pas à amener les enseignants et les enseignantes à élaborer des expériences pour leur classe, mais bien à aider à former des enseignants qui seront capables d'analyser et d'interpréter des expériences déjà formulées par d'autres ou de participer à l'élaboration ou à la modification d'une pédagogie de l'investigation en sciences de la nature.

Il est important, toutefois de préciser que malgré la mise en garde formulée, le présent document demeure un outil précieux qui fournira plusieurs réponses et solutions aux diverses questions et aux divers problèmes que rencontre l'enseignant des sciences de la nature au primaire.

Les problèmes relatifs à l'enseignement des sciences de la nature au primaire sont à l'ordre du jour depuis un certain temps. En fait, depuis environ 25 ans, le renouvellement de l'enseignement des sciences fait l'objet d'un débat soutenu dans la plupart des pays industrialisés. Il est de plus en plus évident que les enfants d'aujourd'hui ont besoin d'être initiés très tôt aux sciences de la nature et à la démarche scientifique, la culture scientifique étant devenue un élément indispensable de la culture de toute personne scolarisée. Plusieurs essais pour renouveler l'enseignement des sciences de la nature au primaire ont été faits, mais en vain.

Ce document, destiné surtout aux futurs enseignants et aux enseignants en exercice mais aussi aux formateurs, aux animateurs, aux conseillers pédagogiques responsables de la formation scientifique et aux directeurs d'école, veut être un guide à la fois théorique et pratique. Il veut contribuer à changer la situation qui prévaut dans les écoles. Il part d'une étude des caractéristiques des sciences de la nature et de la démarche scientifique pour déboucher sur une réflexion sur l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation des sciences de la nature. La formule pédagogique qui est proposée s'inspire de la théorie constructiviste de l'apprentissage. Les conceptions préalables des élèves, l'art de questionner, l'apprentissage coopératif en sciences de la nature de même que l'élaboration de protocoles expérimentaux font aussi l'objet d'un traitement particulier. Finalement, les contraintes, les difficultés relatives à l'enseignement des sciences et les moyens pour les surmonter sont étudiés en tenant compte de recherches récentes en didactique des sciences de la nature.

Chicoutimi, septembre 1995.

CHAPITRE

1

Les caractéristiques des sciences de la nature

*La science prévoit et c'est parce
qu'elle prévoit qu'elle peut être utile
et servir de règle d'action.
j'entends que ses prévisions
sont souvent démenties par l'événement ;
cela prouve que la science
est imparfaite. Toujours est-il
que le savant se trompe moins
qu'un prophète qui prédirait
au hasard.*

(Henri Poincaré, 1854-1912)

**Vous devriez, dans ce chapitre, trouver
réponse aux questions suivantes :**

- Quelles sont les principales caractéristiques des sciences de la nature et de la démarche scientifique ?
- Quelle définition des sciences de la nature pourrait être à la fois acceptable pour la communauté scientifique et utile aux enseignants des sciences de la nature au primaire ?
- Qu'est-ce qu'on entend par l'« esprit scientifique » ?
- Quels liens y a-t-il entre les sciences de la nature et la technologie ?
- Quelles sont les principales caractéristiques des structures conceptuelle, méthodologique, attitudinale et axiologique des sciences de la nature ? Quelles sont les différences entre ces structures ?

INTRODUCTION

Un enseignement, pour être efficace, doit être en harmonie avec la nature et les caractéristiques de la matière enseignée. L'enseignement de la mathématique et des langues se fait-il selon les mêmes formules pédagogiques ? Bien sûr que non. Ainsi, chaque matière ou discipline de connaissances possède une pédagogie qui lui est propre, pédagogie qui doit être en conformité avec la structure interne et l'esprit de celle-ci. Il n'y a aucune raison pour qu'il en soit autrement dans l'enseignement des sciences de la nature.

Une observation des pratiques quotidiennes en classe indique que la pédagogie la plus utilisée en enseignement des sciences de la nature au primaire est surtout centrée sur la personne de l'enseignant et basée presque continuellement sur des textes ou des manuels scolaires. Cette pédagogie dite de « crayon et papier » ou de « parole et papier » donne peu aux élèves l'occasion d'observer directement ou de manipuler concrètement les objets, les phénomènes et les événements de leur environnement. Il en résulte un apprentissage basé surtout sur les explications verbales et les textes écrits. Il s'agit donc d'une pédagogie qui n'est pas en accord avec la nature fondamentale des sciences.

Les sciences de la nature forment un champ d'études qui permet de comprendre et d'interpréter les objets, les phénomènes et les événements de l'environnement. Ce champ d'études n'est pas un domaine réservé exclusivement aux scientifiques. En fait, tout être humain, même de jeunes enfants du préscolaire et du primaire, peut tenter de comprendre les phénomènes naturels. Il suffit que les enfants aient l'occasion de participer à la réalisation d'investigations scientifiques appropriées à leur âge et qu'ils aient la possibilité d'observer puis d'interpréter les phénomènes naturels dans leur environnement.

Bien que les sciences de la nature soient un champ d'études complexe, il importe que les enfants, dès leur plus jeune âge, développent une idée juste des caractéristiques et de l'esprit de cette matière. Pour y arriver, il est donc nécessaire que les enseignants et enseignantes connaissent les caractéristiques des sciences de la nature.

Les sciences de la nature se sont développées d'une façon accélérée au cours des 200 dernières années. Vers 1800, un scientifique moyen pouvait connaître les grands principes de l'astronomie, de la biologie, de la physique, de la géologie et de la chimie. Vers 1900, cette tâche était devenue quasi impossible et la plupart des scientifiques devaient se limiter à une de ces disciplines. Cela est lié en grande partie à une des caractéristiques des sciences de la nature : toute nouvelle connaissance scientifique, au lieu de diminuer l'écart entre le connu et l'inconnu, ne fait que

reculer la frontière de l'inconnu ; une réponse à une question scientifique suscite presque toujours plusieurs nouvelles questions. Ce phénomène de l'accélération des connaissances scientifiques est bien connu et a été abondamment décrit dans plusieurs ouvrages. Les sciences de la nature ne sont pas une réalité statique composée de vérités immuables mais bien une réalité en changement continu. C'est pourtant avec cette première idée en tête que cette matière est enseignée dans nos écoles. Malheureusement, l'école enseigne trop souvent les sciences de la nature comme si elles étaient définitives et immuables.

Au cours des siècles, les êtres humains ont développé des connaissances relatives à leur environnement naturel et culturel. Ces savoirs et ces savoir-faire leur ont permis de mieux comprendre leur environnement. En général, les moyens permettant de dégager ces connaissances étaient et demeurent l'observation, la réflexion, l'expérimentation, l'induction et la vérification de la justesse des savoirs construits. Ces étapes constituent les étapes fondamentales de la démarche scientifique.

Nous croyons qu'une bonne compréhension des caractéristiques des sciences de la nature aura une influence sur les conceptions et les attitudes qu'un enseignant ou une enseignante pourra transmettre à ses élèves. Cette compréhension de la nature des sciences influencera tôt ou tard le comportement de l'enseignant en classe. De toute évidence, on ne donne pas ce qu'on n'a pas ; on n'enseigne pas d'une façon qui soit contraire à ses convictions. Un programme, même le mieux construit, ne peut compenser une pratique inadéquate, ni un enseignement qui n'est pas approprié à la matière enseignée.

Nous croyons en général, et lorsque les circonstances le permettent, qu'il devrait y avoir un lien étroit entre les conceptions qu'ont les enseignants et les enseignantes de la nature des sciences et leurs pratiques scolaires, et ce, même si d'après Lederman (1992), les recherches n'ont pas encore réussi à démontrer ce lien. D'autres variables, comme les contraintes, le régime pédagogique que propose l'État, les politiques de l'école, les caractéristiques des élèves, la disponibilité du matériel didactique et la grandeur de la classe, jouent un grand rôle et peuvent empêcher toute personne bien disposée à mettre en pratique ce qu'elle croit nécessaire à un bon enseignement des sciences. Il semble évident qu'une bonne compréhension de la nature des sciences sera implicitement et explicitement transmis à l'élève grâce au langage que l'enseignant ou l'enseignante utilisera en classe et aux attitudes adoptées pendant son enseignement.

Selon Lederman (1992), en général, les enseignants ne possèdent pas une bonne compréhension de la nature des sciences. Il semble évident qu'une telle méconnaissance peut entraîner des effets pervers ou non souhaités. Supposons qu'un enseignant croie que les sciences de la

nature sont d'abord un ensemble de savoirs définitifs qui ont déjà été prouvés plutôt qu'une méthode de recherche qui aide les êtres humains à trouver les meilleures explications possibles aux divers phénomènes naturels. Dans le premier cas, l'enseignant sera un dispensateur de connaissances ; dans le deuxième cas, un guide et un médiateur qui aidera les élèves à dégager de la nature les meilleures explications possibles. Dans le premier cas, son évaluation s'adressera à la capacité qu'a l'élève de mémoriser un certain contenu ; dans le deuxième cas, son évaluation portera sur la compréhension de la démarche scientifique et sur son application au cours de la résolution de problèmes. La compréhension de la structure et des caractéristiques des sciences de la nature est donc d'une très grande importance dans l'enseignement de cette matière.

L'enseignant ou l'enseignante possédant une bonne culture scientifique sera capable d'accepter une reformulation des connaissances et des pratiques scientifiques sans perdre confiance en celles-ci. Les personnes qui ne comprennent pas la nature des sciences, c'est-à-dire celles qui croient que les sciences sont formées de connaissances immuables, perdent souvent confiance en cette matière lorsque celle-ci propose de nouvelles explications. Elles ont l'impression d'avoir été trompées. Cela est souvent vrai de nos jours dans les disciplines comme la médecine, la nutrition, la biochimie et l'astrophysique qui sont en changement continu.

Un enseignant ou une enseignante qui comprend bien la nature des sciences sera sans doute à l'aise lorsqu'on lui posera une question à laquelle il n'a pas de réponse. Cela lui paraîtra parfaitement normal puisque la plupart des êtres humains, même les spécialistes, ne peuvent répondre qu'à un nombre limité de questions. Ce même enseignant sera plus susceptible de poser à l'élève des questions qui l'inciteront à penser et à trouver des réponses non pas dans un livre, mais en réalisant de petites recherches. Il y aura sans doute dans cette classe plus d'investigations scientifiques et plus d'interactions entre les élèves et l'enseignant et moins d'accent sur l'apprentissage de données factuelles et de lois scientifiques déjà achevées.

CONCEPTIONS DES SCIENCES DE LA NATURE

Chaque personne conçoit les sciences de la nature un peu différemment. Certaines associent sciences et savoir. Pour elles, une science est synonyme d'un vaste ensemble de savoirs à la fois complexes et bien structurés (faits, concepts ou lois). Selon cette conception, il suffit de consulter un livre, d'assister à une conférence ou d'écouter une émission de télévision sur un sujet scientifique donné pour avoir accès à des informations fondées.

Mais comment s'assurer que les savoirs proposés sont justes ? Doit-on croire tout ce qui est écrit, accepter tout ce qui est dit sur un sujet donné ? D'où vient l'information que communique l'auteur d'un livre scientifique ou l'animatrice d'une émission de télévision ? Où les auteurs, les conférenciers, les spécialistes et les professeurs puisent-ils toute l'information scientifique qu'ils véhiculent ? Comment peut-on développer chez l'élève un esprit critique si on l'habitue à croire et à accepter tout ce qu'on lui propose ?

En y réfléchissant un peu, on se rend vite compte que les auteurs scientifiques s'inspirent souvent de volumes ou d'articles écrits par d'autres sur un sujet donné. La première personne à écrire sur un sujet scientifique donné a pu inventer de toutes pièces ce qu'elle écrit. Dans ce cas, la justesse de ses écrits sera faible et ses énoncés seront vite réfutés par ceux et celles qui se donneront la peine de les vérifier. Dans ce cas, cet auteur n'est pas un scientifique mais un fabulateur. Le premier auteur sérieux traitant d'un sujet scientifique a dû, dans un premier temps, observer et expérimenter puis, dans un deuxième temps, vérifier méthodiquement ses conclusions avant de les communiquer aux autres. Les énoncés proposés sont alors plus plausibles que ceux d'une personne qui ne fait qu'imaginer ce qui se passe dans la nature. La justesse du savoir que propose un ou une scientifique dépend donc de la qualité de ses observations, de la précision des expériences réalisées, de l'exactitude de ses interprétations et de la valeur des modèles proposés pour expliquer ses conclusions.

Une petite histoire relative à l'importance des attitudes d'un observateur permettra de mieux comprendre ce qui précède. «Aristote prétend dans l'un de ses ouvrages que la femme a moins de dents que l'homme. Bien qu'il eût pris femme deux fois, l'idée ne semble pas lui être venue de vérifier sa thèse en examinant la bouche de ses épouses.» (Bertrand Russell, 1961) Il nous semble évident aujourd'hui qu'Aristote n'avait pas développé un modèle acceptable ni de la femme, ni de la démarche scientifique. Il lui suffisait de déclarer, en se référant à une certaine logique, une chose vraie pour qu'elle devienne évidente. Il ne lui était pas nécessaire de vérifier l'exactitude de son hypothèse, ni de mettre en doute sa conception de la femme. Elle était inférieure donc elle devait avoir moins de dents.

Pour d'autres, dont nous sommes, les sciences de la nature sont un ensemble de savoirs mais aussi une méthode de recherche qu'utilisent les scientifiques pour obtenir et vérifier les savoirs qu'ils ont dégagés de la nature qui les entoure. Leur source première d'information n'est pas le livre mais l'observation et l'expérience. À cet égard, leur démarche n'est pas très différente de celle de l'ensemble des êtres humains, sauf qu'ils ont développé, au cours des temps, certaines habiletés spécifiques et une

méthode de travail qui a largement fait ses preuves. Grâce à cette méthode de recherche, les découvertes sont rarement le fruit du hasard. La plupart des découvertes se réalisent quand l'esprit est bien formé et préparé à recevoir puis à interpréter les données dégagées de l'observation et de l'expérimentation.

Pour d'autres, les sciences de la nature sont plus que des savoirs et des savoir-faire. Elles sont aussi synonymes des attitudes, des valeurs, des croyances, des convictions et de présuppositions qu'ont développées les êtres humains pour bien comprendre leur environnement. Les attitudes alors développées peuvent être le questionnement, la curiosité, l'émerveillement, la créativité, l'ouverture d'esprit et la recherche systématique de réponses plausibles. Les sciences de la nature sont donc pour ces personnes non seulement un savoir et un savoir-faire mais une façon de voir et de concevoir la nature.

RECHERCHE D'UNE DÉFINITION DU MOT «SCIENCE»

Le terme « science » a connu au cours des siècles plusieurs définitions. En voici quelques-unes¹ :

« Ensemble de **connaissances** relatives à un objet déterminé. » (Planchard)

« Ensemble de **connaissances** et de **recherches méthodiques**, ayant pour but la découverte des lois des phénomènes. » (Cuvillier)

« Ensemble de **connaissances** et de **recherches** ayant un degré suffisant d'unité, de généralité et susceptibles d'amener les hommes qui s'y consacrent à des conclusions concordantes, qui ne résultent ni des conventions arbitraires, ni des goûts ou des intérêts individuels qui leur sont communs, mais des relations objectives que l'on découvre graduellement par des **méthodes de vérifications définies.**» (Vocabulaire de Philosophie Lalande)

«Un **effort** pour rendre le monde intelligible, pour en donner une explication rationnelle qui satisfasse l'esprit en lui permettant la **connaissance** des lois de la nature. » (Maynard)

« Est le **processus** par lequel **s'élabore** un ensemble de concepts et de **cadres théoriques** interdépendants. Les schèmes conceptuels découlant de l'expérimentation et de l'observation deviennent un

1. Il est à noter que certains mots ou expressions ont été mises en caractères gras dans les définitions pour attirer l'attention des lecteurs.

point de départ permettant d'autres expériences et d'autres observations². »
(Conant)

Il semble évident, d'après ces définitions et bien d'autres qu'on pourrait nous suggérer, qu'une définition simple, unique et universelle de ce qu'est une science de la nature soit un effort illusoire. Le même problème se pose d'ailleurs lorsqu'on essaie de définir le terme «éducation». Mais essayons quand même d'en dégager les éléments communs de ce champ d'études.

Une science de la nature est un ensemble de savoirs organisés et interdépendants, une méthode de recherche, un ensemble d'attitudes et de dispositions de l'esprit et un ensemble de valeurs, de présuppositions ou de convictions.

- **Un ensemble de savoirs³ organisés et interdépendants.** Nous appellerons cet ensemble, tout au long de cet ouvrage, la structure **conceptuelle** des sciences de la nature.

Dans ce contexte, nous entendons par nature ou par «monde réel» tout ce que nous pouvons voir, toucher, entendre, sentir, goûter et percevoir autour de nous. La nature, c'est l'eau, l'air et le sol autour de nous de même que les astres qui peuplent le firmament. C'est le son de votre voix, c'est la lumière qui vous permet de lire ce texte. La nature est constituée d'êtres vivants tels que les plantes, les animaux, voire les micro-organismes qu'on ne peut voir à l'œil nu. La nature, c'est la grande diversité des objets, des phénomènes et des événements naturels autour de nous. Ainsi, adresser une question à la nature, c'est poser une question scientifique. Pourquoi le vent souffle-t-il ? Qu'est-ce qu'un nuage ? De quoi est faite une pierre ? Qu'est-ce qui fait en sorte qu'une cloche sonne ? Comment une graine peut-elle devenir un arbre ? Qu'est-ce qui provoque un arc-en-ciel ?

La preuve scientifique s'affirme aussi bien dans l'expérience que dans le raisonnement. En science, l'expérience doit être suivie du raisonnement et ce raisonnement sera suivi d'une autre expérience ou d'une vérification. La démarche scientifique n'est donc pas linéaire mais circulaire. Elle prend souvent son origine dans une observation. Celle-ci est alors suivie d'un raisonnement, d'une question ou d'une hypothèse qui débouche sur une expérimentation et donne lieu à de nouvelles observations. L'observation et l'expérience ne font que consulter la nature et tentent de faire en sorte

2. Il s'agit d'une traduction que nous proposons et non d'une citation.
3. Nous préférons le terme « savoir » à celui de « connaissance », car ce dernier s'applique aussi bien à ces savoirs qu'à la méthode de recherche ou aux savoir-faire des sciences de la nature.

que celle-ci dévoile ses secrets les plus intimes. Cette consultation donne des résultats ou des données. On revient ensuite à la raison pour dégager des conclusions ou construire des concepts à partir de ces données. Les conclusions dégagées ne sont généralement pas totalement satisfaisantes, ce qui soulève d'autres questions... Voilà une façon rapide et bien schématique de décrire la démarche qui a permis l'édification de la structure conceptuelle des sciences de la nature.

- **Une méthode générale de recherche.** Cette méthode cherche à comprendre la nature et à vérifier la justesse des savoirs dégagés grâce à son application. La méthode générale de recherche comprend plusieurs méthodologies spécifiques adaptées aux différents problèmes considérés, chacune de ces méthodologies étant formée de plusieurs savoir-faire. Ainsi, on n'aborde pas l'étude du mouvement des astres avec la même méthode qu'on aborde l'étude des pendules ou l'étude d'une colonie d'insectes. Nous appellerons cette méthode générale la **structure méthodologique** des sciences de la nature⁴. En résumé, cette méthode de recherche permet aux êtres humains d'extraire de la nature de nouveaux savoirs, puis de vérifier la justesse des savoirs dégagés. Cette méthode de recherche peut s'appuyer sur plusieurs habiletés scientifiques et sur des habiletés manuelles ou de laboratoire.

Comme l'indique cette définition, les sciences de la nature sont aussi une démarche permettant de créer ou de construire des savoirs. Cette démarche part de l'observation d'objets, de phénomènes et d'événements pour aboutir à l'élaboration de concepts, de lois, de modèles, voire dans certains cas, à la construction de théories qui tentent d'expliquer ces observations. Ces théories ne sont plus statiques et changeront dès qu'elles ne réussiront pas à expliquer de nouvelles observations ou de nouvelles données. Il arrive souvent qu'une théorie légèrement modifiée explique un peu mieux certaines observations ou données que la théorie précédente.

- **Un ensemble d'attitudes ou de dispositions de l'esprit.** Ces attitudes ou dispositions de l'esprit s'appliquent, d'une part, à la nature et, d'autre part, aux savoirs dégagés de celle-ci ainsi qu'à la méthode générale utilisée au cours de l'étude des sciences de la nature. Cette ensemble est la structure attitudinale des sciences de la nature.
- **Un ensemble de valeurs, de présuppositions ou de convictions.** Celles-ci sont souvent présentes dans l'esprit des êtres humains avant le début de l'observation et de l'expérimentation et se forment

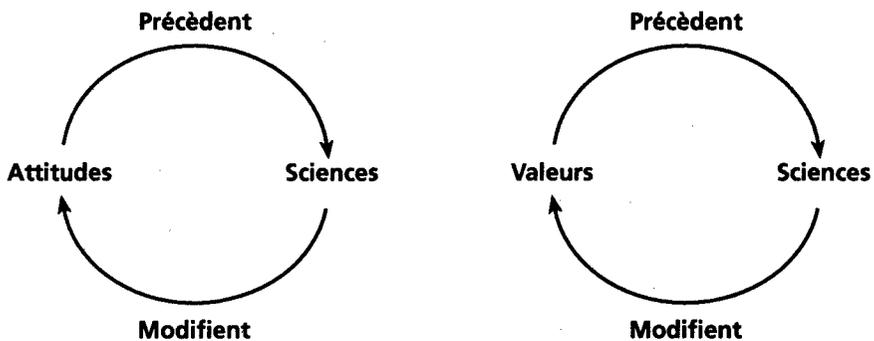
4. C'est Schwab (1964) qui, le premier, utilisa les étiquettes de structure conceptuelle et de structure méthodologique pour désigner ces réalités.

aussi au cours de l'étude des sciences de la nature. Cette ensemble est la structure axiologique des sciences de la nature.

Nous appellerons l'esprit scientifique la combinaison de ces deux derniers ensembles qui devient alors un regroupement d'attitudes, de dispositions de l'esprit, de valeurs, de présuppositions et de convictions.

Comme le disait Bachelard (1963) : « La science est le produit de l'esprit humain, produit conforme aux lois de notre pensée et adapté au monde extérieur. Elle offre donc deux aspects, l'un subjectif, l'autre objectif, tous deux également nécessaires, car il nous est aussi impossible de changer quoi que ce soit aux lois de notre esprit qu'à celles du Monde. »

FIGURE 1.1
Interactions entre les attitudes et les sciences de la nature
et entre les valeurs et les sciences de la nature



Les éléments de chacune de ces deux structures se développent et s'alimentent mutuellement. Ainsi, les attitudes d'une personne ont une influence sur son état d'esprit lorsqu'elle aborde une question scientifique. Comme nous le montre la figure 1.1 les attitudes seront renforcées ou modifiées durant ou après la réalisation d'une investigation scientifique. Par exemple, la curiosité d'une personne est une attitude qui l'oriente vers l'étude d'une question plutôt que d'une autre. Cette attitude n'est cependant pas fixe et pourra se modifier durant et après une expérience. Chaque être humain possède un ensemble complexe d'attitudes envers les objets, les phénomènes et les événements qui l'entourent.

Le questionnement, l'émerveillement, la recherche systématique de réponses plausibles, la persévérance, l'esprit critique, le travail bien fait, l'autonomie intellectuelle, la participation, la coopération, la prudence

lors des conclusions, l'initiative, le désir de comprendre, l'ouverture à la nouveauté, le questionnement, la minutie et la créativité sont d'autres attitudes de la structure attitudinale des sciences de la nature. Ces attitudes peuvent aussi être considérées comme des valeurs. C'est pourquoi il semble utile de rassembler en un tout la structure attitudinale et la structure axiologique.

Il en est de même pour les convictions et les prédispositions que chaque être humain possède. Par exemple, la très grande majorité des gens croient intuitivement que la nature n'est pas capricieuse et qu'elle se comporte d'une façon prévisible dans certaines conditions. D'où et comment leur vient cette conviction ou prédisposition ? Elle semble découler de ce que Bachelard désignait comme les lois de notre esprit. Ces prédispositions, tout comme les attitudes et les valeurs, ne sont pas statiques ; elles peuvent s'affiner et se transformer durant et après des observations et des expériences scientifiques.

Les sciences de la nature sont donc formées de savoirs et de savoir-faire. Mais elles présupposent aussi, comme nous venons de le voir, l'existence d'attitudes ou de prédispositions qu'ont les êtres humains envers la nature. C'est ce que nous avons appelé l'esprit scientifique. Avoir l'esprit scientifique, c'est avoir un esprit curieux, mais c'est aussi étudier avec réserve les conclusions qui nous semblent les plus évidentes ; c'est posséder l'ouverture d'esprit envers des idées nouvelles ; c'est être capable de voir les choses autrement. Avoir l'esprit scientifique, c'est croire à l'existence d'une certaine régularité dans la nature ; c'est croire qu'elle est ordonnée et qu'il est possible de formuler à son endroit des prédictions valides en se basant sur les lois scientifiques tirées de l'expérience. Avoir l'esprit scientifique, c'est croire que la nature n'est pas capricieuse et qu'il est possible de l'analyser et de la comprendre ; c'est croire qu'elle n'est pas influencée par nos désirs personnels. Ces présuppositions nous amènent à renoncer à la superstition et nous empêchent de croire d'une façon entêtée à des idées préconçues qui vont à l'encontre des données de l'observation et de l'expérimentation.

Avoir l'esprit scientifique en sciences de la nature, c'est essayer d'être le plus objectif possible, c'est-à-dire essayer de voir les choses comme elles sont, sans les déformer par étroitesse d'esprit, par parti pris ou en se référant délibérément à des préjugés ou à des idéologies. Avoir l'esprit scientifique, c'est croire que même les problèmes les plus difficiles sont susceptibles d'être analysés et compris ; c'est croire que la vérité, même la plus éphémère, réside dans les faits confirmés par l'observation et l'expérimentation ; c'est le rejet de l'autorité, de la tradition dans les domaines que la science considère comme siens ; c'est vouloir procéder à de nombreuses vérifications avant de donner une réponse ; c'est développer un certain scepticisme envers ses conclusions ; c'est avoir la passion de la vérification.

Les scientifiques partagent un certain nombre de convictions et d'attitudes concernant leurs activités scientifiques et leur perception du monde autour d'eux. Ils croient que les lois fondamentales de la nature sont universelles, c'est-à-dire qu'elles sont applicables partout. Les scientifiques ne croient pas qu'il soit possible d'atteindre la vérité absolue mais croient qu'il est possible de dégager des connaissances approximatives de plus en plus justes, ce qui n'empêche pas que la plupart des connaissances scientifiques soient durables. En fait, c'est surtout la modification des idées existantes et non leur rejet qui est la norme en sciences de la nature.

En résumé, voici quelques énoncés se rapportant à la nature des sciences.

- ◇ Il est possible de comprendre la nature autour de nous.
- ◇ Les sciences cherchent à comprendre et à expliquer la nature.
- ◇ La curiosité est le moteur principal de toute activité scientifique.
- ◇ Il existe plusieurs méthodologies pour appréhender la nature.
- ◇ Les sciences sont dynamiques et continuellement à la recherche de nouvelles explications.
- ◇ Les sciences n'offrent pas de réponses définitives mais la meilleure réponse possible à une question.
- ◇ Elles ne proposent pas de réponses complètes à toutes les questions.
- ◇ Les sciences sont un mélange de faits, d'imagination et de logique.
- ◇ Les sciences sont des produits de la créativité humaine.
- ◇ Les sciences sont d'abord une démarche de l'esprit visant à comprendre la nature.
- ◇ Les sciences actuelles constituent une conquête réalisée par des générations d'êtres humains. Les savoirs et les savoir-faire qu'ils nous ont légués sont perfectibles.
- ◇ Tout être humain, et non seulement les scientifiques de carrière, peut réaliser des investigations scientifiques.

UN MODÈLE DES SCIENCES DE LA NATURE

Les sciences de la nature, nous l'avons vu, cherchent à dégager de la nature les idées les plus générales et les plus inclusives (faits, concepts, lois, modèles et théories) qui permettent de comprendre et d'expliquer

l'environnement. À la suite de l'accélération des connaissances, l'objet d'étude des sciences de la nature a été tout récemment subdivisé en domaines ou en disciplines.

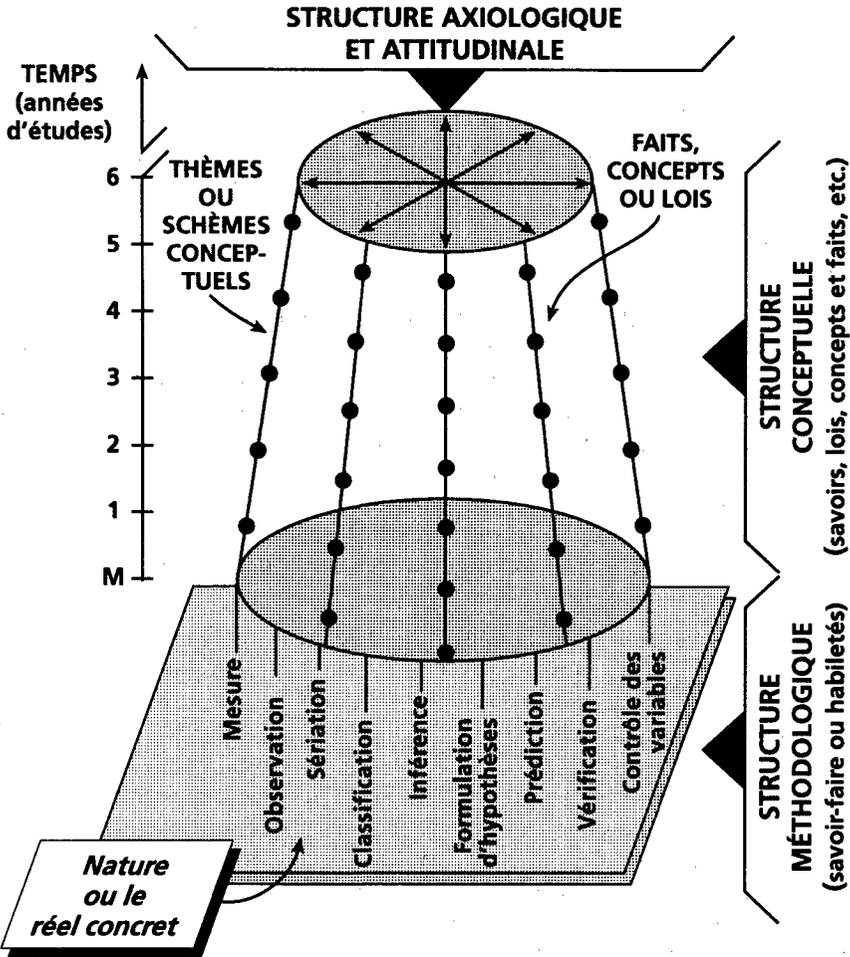
Les sciences de la nature cherchent à analyser puis à rendre intelligibles les phénomènes et les événements de notre environnement naturel. Pour ce faire, les scientifiques ne peuvent se contenter de décrire chacun des objets, des phénomènes et des événements perçus. Il s'agit plutôt d'élaborer des explications générales qui peuvent résumer un grand nombre de données factuelles. Ces explications générales résument une grande quantité de données et, par conséquent, expliquent le comportement d'un grand nombre d'objets, de phénomènes et d'événements. L'apprentissage des sciences est donc pour l'enfant du préscolaire et du primaire un moyen supplémentaire d'accéder à la connaissance du monde.

Si l'école ne fait qu'enseigner des faits scientifiques, les enfants croiront que les sciences sont une accumulation de faits épars. Si l'école n'enseigne que les concepts les plus puissants des sciences, les enfants concluront que les sciences de la nature ne sont qu'un ensemble de généralisations. Si l'école ne présente que les lois scientifiques, les enfants croiront que les sciences de la nature ne sont qu'un ensemble d'énoncés leur permettant de prédire. Mais, comme nous l'avons vu, les sciences de la nature sont aussi une démarche de recherche ainsi qu'un état d'esprit qu'ont en commun ceux et celles qui participent à cette grande entreprise.

La figure 1.2 résume la nature et les différentes composantes des sciences de la nature. Elle permet aussi de faire ressortir les éléments importants que doivent comprendre les divers programmes de sciences de la nature proposés de la maternelle à l'université. Au bas de ce modèle, on retrouve un plan horizontal qui représente la nature ou le «réel concret». La nature ou le «réel concret » comprend tous les objets, les phénomènes et les événements naturels ainsi que les liens qui existent entre ceux-ci. En fait, l'environnement naturel autour de nous comprend les plantes, les animaux, les roches, le sol, l'air, la lumière, les odeurs, l'eau, la pluie, la neige, la chaleur, la migration des oiseaux, les cycles écologiques, le tonnerre et les éclairs, les saisons, les champs magnétiques et gravitationnels, les nuages, les tremblements de terre, l'érosion, le feu, les fossiles, les glaciers, les montagnes, les marées, le temps, l'électricité, les minéraux, les astres, etc.

Les traits verticaux entre le cône tronqué et le plan horizontal représentent les savoir-faire ou les habiletés scientifiques de la démarche expérimentale.

FIGURE 1.2
Modèle montrant les relations entre la nature
et les structures conceptuelle, méthodologique,
attitudinale et axiologique des sciences de la nature



L'ensemble de ces savoir-faire ou de ces habiletés scientifiques forment la structure méthodologique des sciences de la nature. Ces habiletés sont en fait les moyens qui permettent aux êtres humains d'appréhender et de comprendre les phénomènes de la nature ou du «réel concret». Ces habiletés ou savoir-faire seront décrits en détail au chapitre 2.

Les sciences de la nature, on le sait maintenant, sont plus qu'un ensemble de savoirs organisés et interdépendants ; elles sont aussi un savoir-faire ou une méthode générale pour saisir le «réel concret». Elles sont en fait l'ensemble des moyens employés par les scientifiques pour découvrir les savoirs de la structure conceptuelle des sciences de la nature. L'ensemble de ces moyens ainsi que de leur ordre d'exécution ont été décrits par un très grand nombre d'auteurs qui s'entendent généralement sur les principales composantes de la structure méthodologique des sciences de la nature. Ces composantes ont été étudiées dans les années soixante par l'American Association for the Advancement of Science, qui devait commanditer l'élaboration du programme «Science - A Process Approach (1966). Depuis ce temps, les habiletés identifiées il y a trente ans par cet organisme sont devenues en quelque sorte un standard accepté par beaucoup d'auteurs et par la plupart des concepteurs de programmes de sciences de la nature au primaire.

Les habiletés scientifiques sont des activités mentales auxquelles ont recours les scientifiques lorsqu'ils rencontrent un problème nécessitant l'explication et l'interprétation des objets, des phénomènes et des événements de la nature. Ces habiletés leur permettent d'obtenir, d'analyser, de transformer puis de synthétiser l'information obtenue au cours d'une ou de plusieurs observations ou expériences. Les habiletés scientifiques sont donc des moyens dont se servent les scientifiques pour comprendre leur environnement naturel. L'ensemble des habiletés scientifiques, dont le nombre peut varier selon la conception de chacun, constitue ce que l'on appelait autrefois la «méthode scientifique D. Il semble aujourd'hui évident qu'une telle méthode n'existe pas et que, par conséquent, il n'y a pas de règles précises gouvernant l'application de l'ensemble des habiletés de la structure méthodologique des sciences de la nature. De plus, même s'il est théoriquement possible d'identifier et d'analyser séparément les composantes de la structure méthodologique des sciences de la nature, il est souvent difficile, lors de leur application, de les séparer lorsque l'on se heurte à un problème concret.

Les disciplines des sciences de la nature ont certaines affinités. Elles découlent d'observations, anticipent des résultats possibles, organisent les données, dégagent des conclusions et vérifient celles-ci par de nouvelles observations. Il est cependant difficile de décrire la démarche scientifique sans se référer au contexte dans lequel elle est réalisée, car il n'y a pas d'étape précise à suivre, ni de chemin unique qui conduit à la découverte ou à une réponse irréfutable. Il existe cependant une méthode générale qui décrit la démarche scientifique.

Tous les scientifiques cherchent à obtenir des données qui sont fiables. Ces données sont obtenues dans des contextes très variés qui vont de l'environnement naturel (ex. : une forêt ou un étang) à une expérience

montée en laboratoire. Pour dégager ces données, les scientifiques utilisent leurs sens, des instruments (ex. : un télescope) qui en augmentent la puissance ainsi que des instruments divers pour capter des phénomènes non perceptibles (ex. : le champ magnétique). Souvent, ils observent sans intervenir certains phénomènes (ex. : les tremblements de terre et la migration des oiseaux), montent des collections (ex. : roches, coquillages ou papillons) et scrutent, sondent ou explorent le monde (ex. : en perforant la croûte terrestre ou en vérifiant l'efficacité de nouveaux médicaments).

Parfois, les scientifiques peuvent contrôler précisément certaines conditions pour obtenir des données plus précises. Par exemple, ils peuvent garder la température constante durant une expérience pour déterminer si la grosseur des glaçons aura une influence sur la vitesse de fonte de ceux-ci. Souvent, le contrôle des conditions expérimentales est impossible (ex. : au cours de l'étude des astres), ou contraire à l'éthique (ex. : dans l'étude du comportement des êtres humains), ou encore susceptible de dénaturer la réalité (ex. : l'étude des animaux en captivité plutôt que libres dans la nature). Dans le but d'obtenir les données les plus fiables possible, les scientifiques accordent une grande importance à la construction de bons instruments d'observation et de mesure ainsi qu'au développement de techniques d'observation et de mesure fiables.

La démarche scientifique est aussi synonyme de processus de résolution de problèmes. Ce processus s'apprend avec la pratique comme on apprend à jouer du piano ou à conduire une voiture. Personne n'oserait suggérer qu'on enseigne la conduite automobile ou à jouer du piano sans que l'apprenant puisse toucher au volant d'une voiture en marche, ni les notes d'un piano. Pourtant, certains souhaitent que les élèves apprennent les sciences sans avoir à investiguer des objets concrets de leur environnement et sans s'initier aux étapes de la démarche expérimentale.

La résolution de problèmes, tout comme la démarche scientifique, suit très rarement une séquence linéaire. Elle se réalise plus souvent qu'autrement avec des ratés, des surprises ou en suivant certaines pistes qu'il faudra abandonner par la suite.

Les traits qui longent la surface extérieure du cône tronqué de la figure 1.2 représentent les idées directrices ou les schèmes conceptuels qui forment la structure conceptuelle de la nature. Voici, à titre d'exemple, cinq schèmes ou champs conceptuels qui pourraient être considérés dans l'élaboration d'un programme de sciences de la nature au primaire.

1. L'environnement change continuellement grâce aux interactions entre les êtres présents dans la nature. Il existe une multitude d'interrelations entre les objets, les organismes et leur environnement.

2. Les êtres de notre environnement naturel font preuve d'une grande diversité. Ils affichent une grande variété de différences et de similarités.
3. Les organismes se reproduisent pour assurer leur continuité et les objets de la nature se transforment pour prendre de nouvelles formes.
4. Dans la nature, il y a conservation de l'énergie et de la matière et cette conservation peut prendre diverses formes.
5. Les objets et les organismes existent dans des lieux spécifiques et distincts.

Ces schèmes représentent des idées puissantes qui pourraient permettre de structurer un programme d'enseignement des sciences. Bien entendu, ces schèmes peuvent varier d'un concepteur à l'autre, mais ils doivent être peu nombreux afin que ceux et celles qui élaborent le programme et ceux et celles qui l'enseigneront puissent continuellement les avoir à l'esprit. En dehors des thèmes, il existe d'autres façons de structurer un programme de sciences de la nature au primaire. Nous en présenterons une autre au chapitre 2.

Les points le long des différents schèmes conceptuels représentent les faits, les concepts, les règles et les lois qui s'incorporent dans chaque idée directrice ou schème. Ces savoirs conceptuels moins généraux et moins inclusifs doivent, il va de soi, s'incorporer dans le schème conceptuel correspondant. Voici, à titre d'exemple, un petit nombre de concepts ou principes qui pourraient s'intégrer dans le troisième schème conceptuel présenté précédemment. « Les organismes se reproduisent pour assurer leur continuité et les objets de la nature se transforment pour prendre de nouvelles formes. » Ces exemples ne servent qu'à illustrer ce qu'il faut entendre par schème conceptuel.

- ◇ Les graines viennent des plantes.
- ◇ Les graines se développent et deviennent des plantes.
- ◇ Les graines deviennent des pousses qui se transforment en plantes, croissent et produisent de nouvelles graines. Ce déroulement se nomme «cycle de vie» d'une plante.
- ◇ Les graines d'une plante produisent des plantes qui ressemblent à la plante mère.
- ◇ Les graines sont souvent déplacées d'un endroit à l'autre. Elles peuvent être déplacées par le vent, l'eau ou des animaux.

- ◇ Les animaux, contrairement aux plantes, ne peuvent fabriquer eux-mêmes leur nourriture. C'est pourquoi ils mangent des plantes ou d'autres animaux.
- ◇ Les organismes qui se nourrissent l'un de l'autre constituent une chaîne alimentaire. Par exemple, l'herbe se nourrit grâce à la photosynthèse des minéraux du sol et du gaz carbonique de l'air, le lièvre mange l'herbe et le renard mange le lapin.
- ◇ Les montagnes et les plaines sont faites de roches et de sol.
- ◇ Les roches à la surface de la terre se transforment continuellement en d'autres types de roches et en sol. Ces transformations se nomment « cycle des roches ».
- ◇ L'érosion résulte de l'effet du vent et de l'eau ainsi que des variations de températures sur les matériaux à la surface de la terre.
- ◇ Lorsque les plantes et les animaux se décomposent, ils forment de l'humus qui, mélangé avec du sable, de l'argile et d'autres minéraux, donne un sol arable.
- ◇ Les ruisseaux, les rivières et les fleuves drainent le sol.
- ◇ Les ressources renouvelables sont celles qu'on peut réutiliser plusieurs fois ou recycler.
- ◇ La conservation de nos richesses naturelles signifie protection et utilisation rationnelle de nos ressources renouvelables et non renouvelables.
- ◇ Les bactéries sont responsables de la décomposition de matières organiques mortes qu'on retrouve sur le sol.
- ◇ La levure comme les moisissures et les bactéries se nourrissent et décomposent ainsi les matières organiques mortes.
- ◇ Les plantes vertes se nourrissent des minéraux libérés par les bactéries après qu'elles ont décomposé la matière organique morte.

Les schèmes conceptuels des sciences de la nature montrent que les savoirs de la structure conceptuelle sont plus qu'un ensemble de savoirs épars et statiques. Ils ne sont pas épars, parce que ces savoirs sont liés les uns aux autres pour constituer des champs conceptuels. Et comme ces savoirs sont le produit d'une méthode générale de recherche qui les complètent et les modifient continuellement, ils sont dynamiques et non statiques. On voit donc, que les sciences de la nature sont la recherche implacable de l'être humain pour trouver des descriptions, des explications, des concepts et des généralisations qui rendront intelligibles les

objets, les phénomènes et les événements de son environnement naturel. C'est la mise en relation des divers savoirs qui donne naissance à la structure conceptuelle.

La science est une façon de concevoir la nature et de vérifier les conceptions qu'on en a en tenant compte des données obtenues par l'observation et l'expérimentation. Les concepts, les lois et les théories dégagés de la nature sont valides s'ils peuvent :

- ◇ expliquer les données obtenues ;
- ◇ permettre de prédire ce qui n'a pas encore été observé ;
- ◇ être vérifiés par de nouvelles expériences et, s'il y a lieu, être modifiés pour tenir compte des nouvelles données.

Claude Bernard a écrit : « La science est un salon superbe dans lequel on ne parvient qu'en passant par une longue et affreuse cuisine. » Dans son allégorie, Claude Bernard compare la structure conceptuelle à un salon superbe et la structure méthodologique à une longue et affreuse cuisine. Mais de quoi est meublé ce salon ? Il est possible d'affirmer sans risque d'erreur que les principaux meubles de ce salon sont les concepts, les représentations symboliques, les lois, les modèles, les schèmes ou champs conceptuels et les théories d'une discipline. C'est ce salon superbe que la plupart des enseignants choisissent de présenter à leurs élèves.

Les différents savoirs des sciences de la nature, une fois qu'ils ont été vérifiés par l'expérimentation, peuvent être reliés les uns aux autres en savoirs structurés. Il s'agit, pour s'en convaincre, de voir comment les concepts résument les faits particuliers et comment, à leur tour, les lois tentent de faire la synthèse de ces concepts. Les théories regroupent et résument un ensemble de lois. Entre les grands jalons du savoir scientifique, il existe des éléments intermédiaires, tels les schèmes ou champs conceptuels et les modèles.

Une science, comme nous l'avons vu, est aussi une attitude ou une disposition de l'esprit particulière de même qu'un ensemble de valeurs, de présuppositions et de convictions que doivent manifester tous ceux et celles qui s'adonnent à la recherche scientifique. C'est cette dimension que veut représenter l'intérieur du cône du modèle présenté à la figure 1.2. C'est là que nous avons logé la structure attitudinale et axiologique des sciences de la nature. C'est l'endroit où se retrouvent les attitudes et les valeurs qui découlent de l'apprentissage des sciences qui seront développées par l'entremise d'une formule pédagogique qui fait appel à l'observation et à l'expérimentation de l'élève. La structure attitudinale et axiologique est, comme nous l'avons vu précédemment, la partie fondamentale de la démarche scientifique. Elle est l'étincelle et le moteur de cette démarche. C'est pourquoi nous l'avons placée au centre de notre

modèle et que nous lui avons réservé autant d'espace. Les sciences de la nature au primaire ne sauraient demeurer une activité purement intellectuelle. Les faits, les concepts et les lois dégagés ainsi que les habiletés développées doivent déboucher sur un engagement personnel des apprenants envers l'enseignement des sciences de la nature au primaire. C'est le rôle de la structure attitudinale et axiologique.

Il semble donc évident qu'il est impossible de séparer la structure conceptuelle, la structure méthodologique et la structure attitudinale et axiologique au cours d'une activité de recherche scientifique. Nous les avons séparées dans notre présentation afin de mieux les comprendre, sachant à l'avance que l'une découle de l'autre. Ces composantes doivent en tout temps se compléter et s'alimenter mutuellement.

Finalement, le fait que le cône soit tronqué indique que la formation scientifique devra se poursuivre après le primaire. Il faudrait ajouter à cette initiation aux sciences de la nature une formation qui viendrait compléter celle-ci ; formation qui est représentée par le prolongement du cône. Il aurait été possible de tracer sur l'extérieur du cône tronqué une spirale qui en ferait le tour. Cette spirale aurait pu symboliser le parcours de l'élève de la maternelle à la sixième année du primaire d'un schème conceptuel à l'autre. Ainsi, chacun des schèmes pourrait être étudié chaque année pour constituer un programme en spirale. Chaque année, un thème pourrait être revu en l'approfondissant un peu plus que l'année précédente.

SCIENCES DE LA NATURE ET TECHNOLOGIE

La technologie est un processus systématique qui comprend trois grandes étapes (la conception, la fabrication et le contrôle, l'utilisation) visant à appliquer les savoirs dégagés par les sciences de la nature pour produire des biens et des services. Sans la technologie, les sciences de la nature auraient peu d'impact sur la vie des êtres humains et des sociétés. L'apprentissage des sciences de la nature tente de fournir aux êtres humains une explication des choses. Les sciences sont le produit de la réflexion, de la conceptualisation et de l'activité intellectuelle. La technologie, par contre, cherche avant tout à mettre en application les principes dégagés par la recherche scientifique. Elle est une activité structurée permettant d'utiliser les savoirs développés par les sciences de la nature et ce, dans le but de résoudre des problèmes pratiques reliés aux divers besoins humains. Il va de soi qu'elle est aussi un produit de la réflexion et de l'activité intellectuelle des êtres humains. Lors de l'enseignement des sciences, l'introduction de la technologie signifie qu'il faudra le plus souvent possible trouver des exemples montrant comment les savoirs scientifiques sont

appliqués et quels sont les effets de ces applications. Cela signifie aussi qu'il faudra prévoir des activités favorisant la création d'objets techniques. Les sciences de la nature et la technologie sont donc intimement liées.

À vrai dire, les sciences et la technologie s'alimentent mutuellement et leur séparation dans les programmes et les manuels scolaires résulte souvent de l'influence des puristes. Il faudrait, le plus souvent possible, permettre à l'élève de combler l'écart entre les savoirs dégagés de l'expérience et l'application de ces savoirs à des problèmes concrets. On peut, de ce fait, lui montrer le lien entre un savoir et son utilisation. L'initiation à la technologie, lorsqu'elle est bien dosée par rapport à l'acquisition de connaissances scientifiques, montre l'utilité de ces dernières et permet d'enrichir l'enseignement donné.

Les exemples ci-dessous montrent quelques différences entre les sciences et la technologie.

Les sciences tentent de découvrir et d'expliquer...

- ◇ pourquoi telle rivière est située à tel endroit ;
- ◇ les principes de déplacement de l'électricité ;
- ◇ pourquoi les aliments se dégradent avec le temps ;
- ◇ les causes des maladies ;
- ◇ les principes de transformation de l'énergie.

La technologie est un moyen permettant...

- ◇ de traverser une rivière en construisant un pont ;
 - ◇ de transporter l'électricité sur de grandes distances ;
 - ◇ de mieux faire pousser et de conserver les aliments ;
 - ◇ de guérir les maladies ;
 - ◇ de construire une voiture fonctionnelle.
-

Les sciences de la nature et la technologie font partie de la culture humaine. Elles sont comme les deux côtés d'un pièce de monnaie. Il y a donc entre elles une relation qui font qu'elles se soutiennent et s'alimentent mutuellement. Plusieurs aspects de la société sont continuellement en relation avec les sciences et la technologie ; ces aspects sont les besoins personnels, les besoins sociaux, le développement et la croissance économique. Le développement des sciences et de la technologie a ainsi un effet sur la société dans laquelle nous vivons. Les sciences et la technologie ont une influence sur la croissance économique et sur les décisions politiques que nous prenons. Par ailleurs, les décisions politiques et la force de l'économie ont un effet sur le développement des sciences et de la technologie, et vice versa. Les sciences et la technologie posent aussi aux êtres humains des problèmes d'éthique que l'élève doit apprendre à considérer dès son plus jeune âge. La technologie ne se limite pas à l'application des principes scientifiques dégagés de la recherche, mais vise

aussi la résolution des problèmes économiques et sociaux qui résultent de cette application technologique.

Il est nécessaire, dans la conception des programmes de sciences de la nature, de faire en sorte que l'élève perçoive l'utilité ou l'application des savoirs scientifiques dégagés. À cette fin, il est important de prévoir des objectifs se rapportant à l'application des savoirs dégagés à des situations concrètes.

Le développement de connaissances (savoirs et savoir-faire) scientifiques de même que leur application ont changé notre conception du monde et certaines valeurs des êtres humains. Par exemple, à la suite de l'adoption du modèle cosmologique de Copernic où le Soleil remplaçait la Terre au centre de l'univers (il s'agissait en réalité du système solaire), la conception du rôle et de la place de l'être humain changea d'une façon dramatique. Plus près de nous, depuis que la technologie a permis de voir la Terre de l'espace, nous sommes plus en mesure d'en apprécier les limites. Par conséquent, les arguments en faveur de la protection de la Terre et de l'environnement ont pris une signification toute nouvelle. Les changements de la technologie de l'agriculture ont probablement eu plus d'effet sur nos vies que toutes les révolutions politiques. Il est donc important de comprendre que les progrès des sciences de la nature et de la technologie ont une influence sur nos attitudes, nos conceptions et nos valeurs, qui à leur tour ont une influence sur le développement des sciences et de la technologie.

L'ÉLÈVE EN INTERACTION AVEC LA NATURE

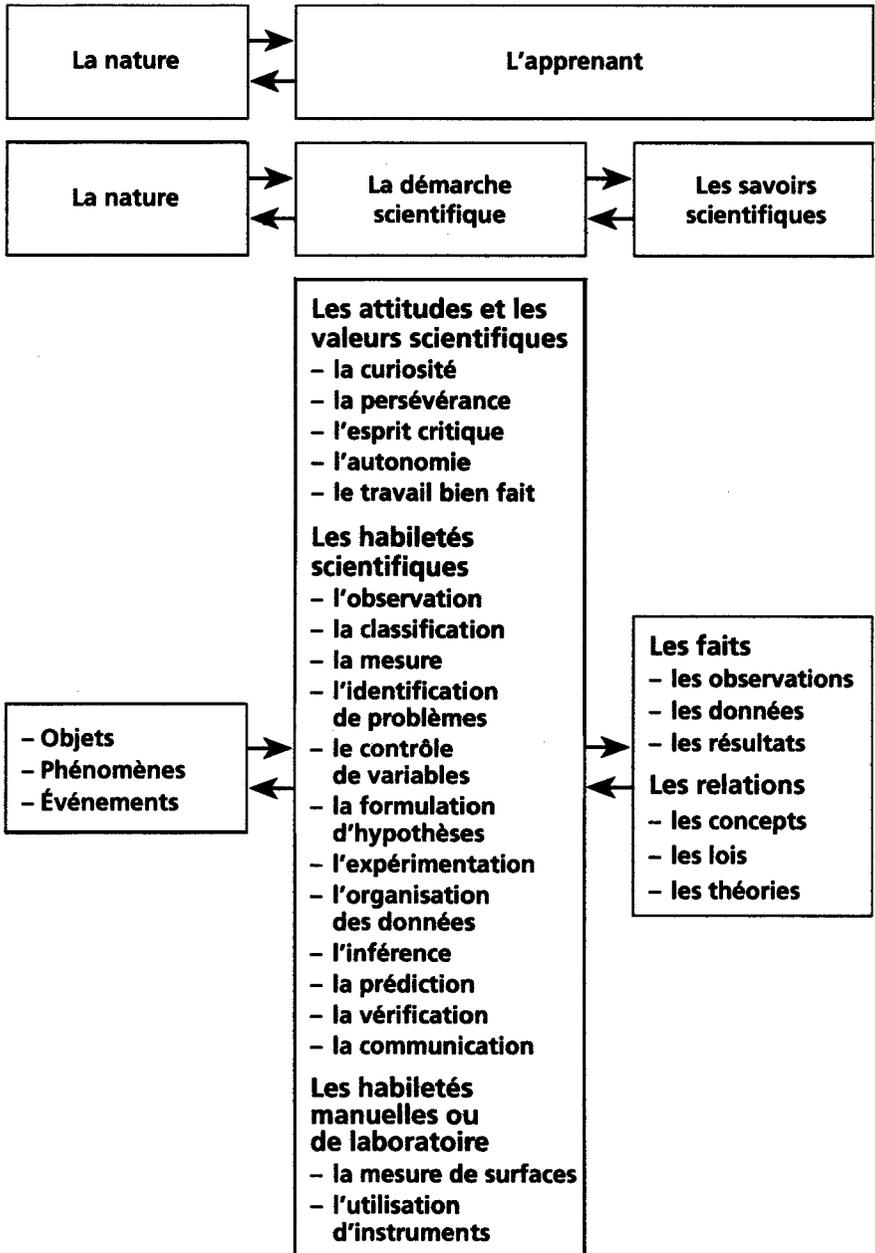
Nous pouvons donc décrire les sciences de la nature comme une activité humaine à travers laquelle des problèmes ou des questions se rapportant aux objets, aux phénomènes et aux événements de la nature sont identifiés puis définis avant de suggérer puis de vérifier les solutions proposées. Dans cette démarche, on pose des questions à la nature et on obtient des données qu'on tente par la suite d'expliquer. Au cours de cette activité, les chercheurs ajoutent de nouveaux savoirs à ceux qui existent déjà et mettent parfois en doute les savoirs existants. Cette activité développe chez ceux et celles qui s'y appliquent de nouvelles attitudes envers la nature et peut aussi renforcer les valeurs humaines les plus fondamentales. L'application de ces savoirs et de ces savoir-faire entraîne dans la société des changements considérables qui ont des effets sur notre mode de vie.

Dans ce contexte, la **démarche scientifique** comprend un ensemble d'habiletés scientifiques et de laboratoire, de même qu'un ensemble d'attitudes et de valeurs faisant partie de la construction du savoir scientifique. Comme nous le montre le schéma à la figure 1.3, la démarche scientifique part de la nature pour créer des savoirs scientifiques. La démarche scientifique comprend trois aspects fondamentaux : les attitudes et les valeurs scientifiques ; les habiletés scientifiques ; les habiletés manuelles ou de laboratoire.

La figure 1.3 souligne aussi les interactions entre l'apprenant et la nature ou le «réel concret ». Par exemple, l'élève questionne la nature et obtient de celle-ci une réponse qu'il faut ensuite interpréter. L'élève, dans ce modèle, suit ou invente une démarche qui deviendra avec le temps de plus en plus complexe et de plus en plus variée. Le but de la démarche est de dégager de la nature des données scientifiques et de permettre à l'élève de construire ses connaissances. Il s'agit en fait d'un processus d'interprétation de la nature qui suit une logique générale et s'inspire des conceptions, des attitudes et des valeurs de l'apprenant. En résumé, l'élève part des objets, des phénomènes et des événements non pas pour y dégager des faits, mais surtout pour construire des relations.

Les diverses disciplines des sciences de la nature forment un tout. Les scientifiques de chacune de ces disciplines partagent les mêmes valeurs, les mêmes attitudes et utilisent en général une méthodologie fort similaire. La figure 1.3 montre les liens entre la nature, les attitudes et les valeurs scientifiques, les habiletés scientifiques et manuelles, les faits et les relations scientifiques. La nature est donc la source des données scientifiques et des savoirs scientifiques. En appliquant la démarche scientifique (structure méthodologique, attitudinale et axiologique) aux objets, phénomènes et événements de notre environnement, il est possible de dégager des données puis de construire à partir de celles-ci diverses relations qui constituent la structure conceptuelle des sciences de la nature. Mais le processus ne fonctionne pas dans une seule direction. Les relations (concepts, lois et théories) ne sont jamais définitives et il faut continuellement retourner à la nature afin de déterminer si elles sont justes et complètes.

FIGURE 1.3
Relations entre la nature, la démarche scientifique
et les savoirs scientifiques



BIBLIOGRAPHIE

- Bachelard, Gaston** (1963). *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, Presses universitaires de France.
- Lederman, Norman G.** (1992). « Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science : A Review of the Research », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29 (4), pp. 331-359.
- Russell, Bertrand** (1961). *History of Western Philosophy*, Londres, Unwin University Books, George Allen and Unwin Ltd.
- Schwab, J.** (1964). « Structure of the Disciplines : Meanings and Significances », in *The Structure of Knowledge and the Curriculum*, Chicago, Rand McNally and Co.
- American Association for the Advancement of Science** (1960). *Science - A Process Approach*, Washington.

C H A P I T R E

2

**La démarche scientifique
au primaire**

*Savoir que l'on sait ce que l'on sait,
et savoir que l'on ne sait pas
ce que l'on ne sait pas :
voilà la véritable science.*

(Confucius, 555-479 av. J.-C.)

*La véritable science enseigne,
par-dessus tout,
à douter et à être ignorant.*

(Miguel de Unamuno, 1864-1936)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Quels sont les principaux éléments de la démarche scientifique des sciences de la nature au primaire ?
- Quelles sont les caractéristiques des principales habiletés de la démarche scientifique ?
- Quelles sont les principales habiletés manuelles de la démarche scientifique ?
- Quelles sont les principales attitudes et valeurs de la démarche scientifique ?

INTRODUCTION

Nous avons vu au chapitre précédent que les sciences de la nature sont formées de trois structures : l'ensemble des savoirs acquis au cours des siècles (la structure conceptuelle) ; l'ensemble des moyens permettant aux êtres humains d'obtenir et de vérifier la justesse des nouveaux savoirs (la structure méthodologique) ; l'ensemble des attitudes envers la nature, le savoir scientifique et la démarche scientifique, de même que l'ensemble des valeurs qui se dégagent ou qui sont renforcées par l'étude des sciences de la nature (la structure attitudinale et axiologique).

Nous avons présenté à la figure 1.2 du chapitre précédent un modèle montrant, d'une part, les relations entre ces trois structures et notre environnement naturel et, d'autre part, comment il est possible de construire le savoir scientifique en se référant continuellement à l'environnement. Dans ce contexte, la **démarche scientifique** est l'ensemble des moyens intellectuels et manuels, de même que l'ensemble des attitudes et des valeurs rattachées à une recherche menant à la construction du savoir scientifique. La démarche scientifique comprend donc quatre aspects fondamentaux : les attitudes envers les sciences ; les valeurs scientifiques ; les habiletés scientifiques, les habiletés manuelles ou de laboratoire. Les deux premiers aspects forment la structure attitudinale et axiologique des sciences de la nature tandis que les deux derniers en forment la structure méthodologique.

On nous répète sans cesse que le but de l'école est d'apprendre à apprendre. On pourrait également dire que le but premier de l'école est d'apprendre à penser ou à solutionner par soi-même des problèmes de plus en plus complexes. L'école doit ainsi permettre à l'élève d'exercer un jugement critique, de penser logiquement, d'organiser ses idées, d'être capable d'interpréter les données et de solutionner des problèmes. L'école primaire ne doit pas seulement se contenter de faire apprendre les savoirs de première urgence comme la lecture, l'écriture, la grammaire et la mathématique mais doit viser à faire acquérir des habiletés intellectuelles qui devraient guider une personne toute sa vie durant. Il est donc important de tenter de développer ces caractéristiques dans toutes les matières scolaires. Toutefois, peu d'entre elles offrent autant de possibilités que les sciences de la nature. Les sciences de la nature permettent de développer des habiletés manuelles ou de laboratoire, des attitudes positives envers l'apprentissage et des valeurs qui se dégagent ou qui seront complétées au cours d'une investigation plus ou moins difficile. Les habiletés scientifiques facilitent également l'apprentissage des autres matières scolaires.

Nous préférons l'expression **démarche scientifique** à celle de méthode scientifique et ce, bien que les deux expressions se réfèrent aux

moyens qu'utilisent les scientifiques pour obtenir de la nature de l'information permettant de construire des concepts et des lois scientifiques fiables. L'expression «méthode scientifique» donne l'impression qu'il existe une seule procédure permettant d'obtenir de la nature des données fiables. Il n'existe en fait aucune méthode sûre, ni aucun ensemble systématique d'étapes pour dégager à coup sûr des données permettant de construire des connaissances scientifiques valides.

En sciences de la nature, il faut envisager chaque problème, chaque question ou chaque expérience différemment. Les méthodes utilisées varient selon le problème à l'étude et la question posée à la nature et ne repose pas sur une méthode rigide prédéterminée. Les habiletés scientifiques, les habiletés manuelles ou de laboratoire, les attitudes et les valeurs qui entrent en jeu dépendent donc du contexte et non pas d'un ensemble d'étapes prédéterminées qui peuvent laisser croire à une technique infaillible.

La démarche scientifique est un tout complexe qui ne peut être subdivisé en parties à moins d'une perte importante. En fait, comme c'est souvent le cas, le tout est plus grand que la somme de ses parties. Les habiletés scientifiques présentées dans les pages suivantes ne peuvent, par conséquent, constituer des entités complètement autonomes et indépendantes. Elles forment avec d'autres un tout intégré. Par exemple, il est souvent difficile de distinguer une déduction tirée d'une loi scientifique, d'une prédiction ou d'une application de cette loi. Aussi, l'interprétation des données d'une expérience pourra parfois se confondre avec l'induction qui cherche à tirer des conclusions des faits. Même l'observation pourra se confondre avec la sériation car, comme c'est souvent le cas, l'un ne va pas sans l'autre. En fait, les distinctions que nous proposerons dans les prochaines pages ne visent qu'à faire l'analyse d'un tout complexe ; tout qu'on ne saurait, dans un premier temps, saisir globalement. Ce morcellement est en fait un effort pédagogique visant à mieux faire comprendre.

Les habiletés proposées au tableau 2.1 sont subdivisées en quatre groupes qui représentent les principales étapes de la structure méthodologique des sciences de la nature. La première étape regroupe les habiletés reliées au questionnement de la nature. Au cours de cette étape, on observe spontanément, on note certains aspects de la nature, on voit se dessiner un problème, on pose des questions, on recherche activement de l'information, on formule souvent une première explication au sujet de l'aspect considéré ou on propose une hypothèse. Il va de soi que l'ordre de présentation des aspects de cette étape n'a pas à être respecté. Il est aussi permis de penser qu'on pourrait ajouter certaines habiletés et en retrancher, le nombre d'habiletés d'une étape pouvant varier d'une personne à l'autre.

TABLEAU 2.1
Les habiletés scientifiques de la structure méthodologique
des sciences de la nature

Habiletés reliées au questionnement de la nature	– Observe spontanément*
	– Note des différences
	– Note des similitudes
	– Note des tendances
	– Recherche de l'information
	– Pose des questions
	– Formule des hypothèses*
	– Identifie un problème
	– Élabore une procédure expérimentale
	– Identifie des variables*
Habiletés reliées à la cueillette de données	– Contrôle les variables*
	– Propose des définitions opératoires*
	– Expérimente*
	– Observe scientifiquement* et décrit
	– Estime par approximation
Habiletés reliées à l'étude des données	– Mesure *
	– Organise les données*
	– Compare les données
	– Série*
	– Classifie*
	– Vérifie*
	– Infère* (induction)
Habiletés reliées à l'explication des données	– Élabore des modèles*
	– Prédit*
	– Communique*
	– Interprète des relations
	– Infère* (déduction)
	– Applique
– Évalue	

* Les habiletés suivies d'un astérisque seront décrites dans le présent chapitre.

Un exemple de l'activité intellectuelle qui pourrait faire partie de la première étape serait l'enfant qui observe spontanément que la couleur des deux côtés des feuilles d'un arbre feuillu est différente ; un côté de la feuille étant toujours plus foncé que l'autre. L'enfant note aussi que cette différence est vraie pour tous les feuillus autour de lui et que le côté foncé de la feuille est toujours dirigé vers le haut. Il ou elle conclut qu'il y a un lien entre la couleur de la feuille et sa position par rapport au soleil (il s'agira en fait, comme on le verra plus tard, d'une hypothèse et non d'une conclusion) ; la partie foncée de la feuille étant toujours dirigée vers le

soleil. Mais cette constatation n'a pas encore été prouvée et l'enfant ne sait pas encore pourquoi la partie foncée d'une feuille se dirige toujours vers le haut. Peut-être y a-t-il des exceptions ?

La deuxième étape de la démarche suggérée au tableau 2.1 vise à obtenir des données pour répondre à une question. C'est aussi au cours de cette cueillette qu'on cherche à vérifier la justesse de l'hypothèse retenue ou qu'on tente de solutionner le problème posé. L'expérience devra être conçue pour trouver réponse à la question, vérifier l'hypothèse suggérée ou solutionner le problème. Le protocole expérimental retenu pourra alors, s'il s'agit d'expériences contrôlées, de tenter d'identifier puis de contrôler certaines variables. L'application du protocole expérimental ou l'expérience pourra donner lieu à d'autres observations ainsi qu'à des estimations ou à des mesures.

Pour savoir si le soleil est responsable de la différence de couleur entre les deux côtés des feuilles d'un feuillu, l'enfant de l'exemple précédent a placé à l'aide de petits trombones, un carton mince sur environ dix feuilles de plusieurs arbres différents en faisant attention de ne pas les déchirer, ni de les abîmer. Après deux jours et à tous les jours par la suite, l'enfant enlève un carton sur deux feuilles, les observe et les compare aux autres feuilles de l'arbre. À tous les jours, l'enfant note ses observations dans un cahier et ce, pendant quatre autres jours. L'enfant note aussi la couleur des feuilles libérées de leurs cartons pour voir leurs réactions lorsqu'elles recevront de nouveau les rayons du soleil.

La troisième étape de la démarche vise à faire l'étude des données obtenues. Il s'agit d'abord d'organiser puis de comparer les données et, s'il y a lieu, de les sérier ou de les classer afin de voir apparaître des tendances, des traits distinctifs, des invariants, des relations ou des structures. C'est aussi au cours de cette étape qu'on tente d'interpréter les données et qu'on essaie de tirer quelques conclusions préliminaires. C'est alors qu'on vérifie certaines observations, mesures ou approximations.

Revenons à l'exemple de l'enfant. Les résultats montrent qu'après avoir posé un mince carton pendant deux jours sur la feuille d'un arbre, elle est devenue un peu plus pâle que celles qui ont continué à recevoir les rayons du soleil. Cependant, après quatre à sept jours, les feuilles recouvertes d'un carton étaient encore plus pâles. Par contre, les feuilles une fois libérées des cartons reprenaient leur couleur plus foncée après deux ou trois jours. Ainsi, il était possible pour l'enfant d'inférer qu'il y a une relation entre la couleur d'une feuille et la quantité de lumière solaire qu'elle reçoit.

La quatrième étape de la démarche tente d'expliquer les données obtenues. Il est important à ce stade de comprendre que le terme «explication» peut avoir différentes significations. En fait, les jeunes enfants

n'ont pas besoin de la même explication que les spécialistes du domaine. Il est donc possible à cet égard de parler d'une hiérarchie d'explications, allant de l'explication simple à l'explication très complexe. Il faudra donc apprendre à choisir l'explication qui correspond le mieux au groupe d'âge et à l'expérience antérieure des élèves. Il est possible, en plus des relations qu'on tentera de dégager des données, d'élaborer des modèles et de tenter d'interpréter les conclusions qui ont été inférées. On pourra aussi, par divers moyens, communiquer ce qui vient d'être dégagé. Finalement, il sera possible de prédire à partir des relations dégagées ce qui arriverait dans des conditions similaires. Les principes dégagés pourront ainsi être appliqués pour voir s'ils donnent les résultats prévus. C'est alors qu'on évalue la justesse des principes construits. C'est aussi au cours de cette étape qu'on constate qu'il n'est pas scientifiquement correct de tirer des conséquences qui vont au-delà des principes dégagés et qu'on constate que des questions persistent, questions qui pourront être à l'origine de nouvelles expériences.

Dans notre exemple, les données dégagées permettent à l'enfant de conclure que l'exposition au soleil est responsable de la couleur foncée sur le dessus des feuilles. Moins une feuille reçoit de lumière solaire, plus elle est pâle. Il est aussi possible de conclure qu'une feuille qui devient plus pâle après avoir été privée de lumière redeviendra plus foncée quand on l'exposera de nouveau aux rayons du soleil. A partir de cette conclusion, on peut donc prédire que toutes les feuilles d'un même arbre n'auront pas la même couleur, car certaines d'entre elles reçoivent moins de lumière que d'autres. Les feuilles situées à la périphérie extérieure de l'arbre devraient être plus foncées que celles près du tronc qui reçoivent moins de lumière. L'enfant aurait pu formuler une autre hypothèse : «les feuilles en périphérie seront plus grosses que les feuilles à l'intérieur près du tronc de l'arbre ». Il est important à ce stade d'apprendre à bien interpréter les données obtenues en faisant attention à l'étape de la formulation d'une conclusion, de ne pas aller au-delà de celle-ci. Cela est un aspect important de la formation scientifique.

On pourrait se demander si la partie inférieure de la feuille deviendrait foncée si on la retournait pour qu'elle soit continuellement face au soleil. Est-ce que les deux faces d'une feuille ont des natures différentes ? Est-ce qu'on peut les interchanger ? Ont-elles des rôles différents à jouer ? On pourrait aussi se demander où va la couleur verte des feuilles en automne, alors que les feuilles deviennent jaune et rouge. On pourrait alors lui suggérer d'enlever le vert des feuilles en les faisant bouillir dans l'eau ou en les trempant dans l'alcool.

Il est possible, de voir d'après ces exemples, que la démarche scientifique n'est pas un processus rectiligne, ni une activité purement intellectuelle. La réponse à une question entraîne de nouvelles questions et

nous ramène continuellement à la case de départ, c'est-à-dire au questionnement de la nature. En sciences de la nature, les réponses obtenues à une question soulèvent presque toujours de nouvelles questions. Il s'agit donc d'une démarche circulaire. De plus, les différentes habiletés de cette démarche peuvent, à tout moment, devenir utiles. Par exemple, même si l'observation a été placée dans deux étapes, elle peut se faire au moment du questionnement, de la cueillette, de l'étude ou de l'explication des données. L'observation, qu'elle soit spontanée ou scientifique, est une habileté omniprésente qui accompagne toutes les autres habiletés. La démarche scientifique, que nous avons décrite comme étant une succession d'habiletés, fait aussi appel à des habiletés de laboratoire, à des attitudes, à des dispositions, à des préconceptions, à des convictions et à des valeurs. Il ne faut pas oublier que c'est tout cet ensemble qui constitue la démarche scientifique. En fait, la démarche scientifique, plus large que l'expérimentation est une recherche systématique pour comprendre les objets, les phénomènes et les événements de la nature, ce qui n'exige pas nécessairement des expériences formelles avec contrôle de variables. Par exemple, les astronomes ne peuvent contrôler les variables en étudiant les astres. Il en est de même lorsqu'on tente d'observer les animaux et les plantes dans leur environnement naturel. Dans le premier cas, le contrôle est impossible ; dans le deuxième cas, il n'est pas souhaitable. C'est pourquoi certaines disciplines scientifiques ont des méthodologies qui leur sont propres et qui sont appropriées à l'objet d'étude. Des phénomènes différents exigent souvent des approches différentes. Certains sont contrôlés et manipulés ; d'autres ne pourront qu'être observés parce qu'ils ne se manifestent qu'à l'état naturel. On ne peut donc décrire avec précision une démarche qui soit applicable à toutes les situations mais seulement proposer une méthode générale et une philosophie qui reposent sur certaines attitudes et valeurs.

L'ENSEIGNEMENT DÉDUCTIF

Depuis 30 ans, on a tenté dans certains milieux de réduire l'école à l'apprentissage d'habiletés. Cette conception est un héritage des behavioristes qui ont voulu subdiviser les apprentissages complexes en apprentissages simples ou encore les habiletés complexes en un ensemble d'habiletés simples. On a parfois oublié que l'apprentissage devait être significatif pour l'élève. Un tas de pierres ne fait pas une maison, pas plus qu'une grande variété d'habiletés ne forme une démarche et ne permet l'épanouissement de la pensée. La lecture, l'écriture, la mathématique et les sciences de la nature sont plus qu'un ensemble d'habiletés. La lecture, c'est plus que le décodage de symboles inscrits sur une feuille de papier. C'est la capacité de dégager un sens des phrases et des paragraphes d'un texte.

De même, la démarche scientifique est plus qu'un ensemble d'habiletés scientifiques.

Nous avons la conviction qu'il est difficile, pour une bonne partie des élèves d'une classe, d'apprendre quand l'enseignement est exclusivement déductif. Les exposés, les explications verbales, les définitions, les descriptions générales et les résumés ne sont pas, pour bon nombre d'élèves, source d'apprentissages significatifs.

Bien qu'on essaie depuis longtemps de remplacer, au moins partiellement, l'enseignement déductif par un enseignement plus inductif, nous devons conclure à un échec. Pour une foule de raisons qui seront traitées en profondeur dans un autre chapitre, l'enseignement inductif a rarement été mis en application et ce, même si beaucoup d'enseignants croient que les deux approches ont leur place. Au primaire, la multiplication des matières à enseigner en est une cause. On n'a pas non plus mis en place des mécanismes pour favoriser cette approche. Les enseignants subissent d'énormes pressions pour «réaliser» tous les programmes, ce qui les oblige à utiliser l'approche déductive. Il y a très peu de temps pour les exemples, les expériences, les applications et les discussions. Souvent, la compréhension est court-circuitée, car ce qui est présenté n'a pas de sens véritable pour l'élève. La mémoire prend alors le dessus sur la réflexion et le concept n'est pas appris. Il n'est peut-être pas exagéré de dire que, trop souvent, ce qui est acquis à l'école consiste en la mémorisation de mots, de faits et de notions qui ont peu de signification pour l'élève et qui seront rarement retenus après les évaluations. En fait, très peu de notions apprises à l'école par l'élève seront d'une importance vitale à l'âge adulte.

Au primaire, l'importance accordée à la langue maternelle et à la mathématique laisse peu de place pour les autres matières. En sciences de la nature, l'approche inductive est moins utilisée que l'approche déductive, car les enseignants ont souvent un très faible bagage de savoirs et de savoir-faire en cette matière. Ainsi, beaucoup ont peur de se faire poser des questions auxquelles ils pourraient ne pas avoir de réponse.

En outre, bon nombre de commissions scolaires ne favorisent pas l'apprentissage inductif. Le matériel nécessaire à l'expérimentation et les dépenses liées à l'observation en milieu naturel sont souvent considérés comme superflus. De plus, après une activité de sciences, il faut prendre le temps de ranger et de nettoyer les lieux. Sans oublier que les enfants font parfois du bruit ou brisent du matériel et que les expériences ne donnent pas toujours les résultats attendus. Bref, l'apprentissage à partir d'exposés verbaux ou de textes écrits comporte beaucoup moins d'inconvénients pour une majorité d'enseignants. Pourtant, ce qui est appris a moins de signification pour plusieurs élèves.

L'apprentissage peut se comparer à la construction d'une maison. Les fondations ou les bases sont d'une importance vitale. En fait, rien ne sert d'ajouter un étage supplémentaire si les fondations ne peuvent pas le supporter. Il en est de même dans tout apprentissage.

Il faut donc modifier l'atmosphère de la classe, afin de permettre à l'élève de penser. La pensée de l'élève se développera seulement si on encourage celui-ci à faire preuve de persévérance, si on lui alloue le temps de penser et de raisonner, si on ne juge pas trop rapidement et si on ne fait pas que souligner ses mauvaises réponses. Pour se développer, les concepts les plus importants devront être accompagnés d'explications et d'exemples et devront être appliqués. Aussi, les problèmes posés ne devront pas être évidents et les réponses n'auront pas à être mémorisées.

LES HABILITÉS SCIENTIFIQUES

Le reste du présent chapitre vise à initier ceux et celles qui enseigneront ou qui enseignent déjà aux principales habiletés, attitudes et valeurs de la démarche scientifique. Il est important de bien comprendre la démarche scientifique avant de l'appliquer dans l'enseignement.

Toutefois, un avertissement s'impose. La démarche scientifique a été subdivisée en un certain nombre d'habiletés et d'attitudes afin d'aider le lecteur à mieux comprendre chacune d'elles. On doit souvent avoir recours, en même temps, à trois ou à quatre habiletés et à une foule d'attitudes différentes. Leur ordre d'utilisation dans une investigation sera rarement le même que l'ordre dans lequel ils sont abordés dans le présent document. Il est à noter que seulement les habiletés qui diffèrent sensiblement du sens commun seront décrites. Par exemple, nous ne décrirons pas la comparaison, car il s'agit là d'une habileté très utilisée dans la vie courante.

Observer

L'observation est l'habileté la plus fondamentale de la démarche scientifique. Elle constitue généralement la première prise de contact avec la nature et devient alors l'action par laquelle l'attention se porte sur les objets, les phénomènes, les situations et les événements de la nature afin d'en dégager les caractéristiques, les régularités ainsi que les traits distinctifs. Il s'agit d'une recherche active pour obtenir de la nature une information de première main.

Nous pouvons définir l'observation comme une **opération qui tente d'identifier les traits distinctifs des objets, les invariants des événements, les régularités des situations et la structure des phénomènes.**

Une personne observe lorsqu'elle perçoit les différences et les similitudes entre les objets, les phénomènes, les états, les situations, les événements et les intensités. Des jugements tels que «différent», «pareil», «plus» ou «moins» sont des exemples de discrimination qui découlent de l'observation. L'observation est rarement une démarche passive où la personne attend que les stimuli agissent sur elle. Elle est, plus souvent qu'autrement, active, attentive à la recherche de sons, d'intensité de lumière, d'odeurs et de contrastes qui permettront à la personne qui observe d'obtenir une information variée et fiable.

L'observation en sciences de la nature peut permettre, par exemple, d'obtenir certaines données sur notre environnement : la direction des forces et de la gravité ; la nature et la provenance des vibrations ; la forme des objets, leur nature, leur consistance ; la nature des substances volatiles ; la qualité, et par le fait même, la valeur nutritive et biochimique des aliments ; les distances, les dimensions, les mouvements, les couleurs des objets, etc. Contrairement à ce que la plupart des enseignants croient, l'observation n'est pas une habileté liée uniquement au sens de la vue. Tous les sens ou tous les appareils qui sont des extensions de nos sens (ex. : un stéthoscope) permettent d'observer. Ainsi, le sens du toucher permettra d'observer qu'un glaçon fondant a une surface beaucoup plus douce qu'un glaçon qu'on vient tout juste de retirer du congélateur.

Nous distinguons généralement deux grands types d'observation : l'observation spontanée ou naturelle et l'observation scientifique.

- **L'observation spontanée ou naturelle**

Il s'agit d'observer les objets, les phénomènes et les événements sans idée préconçue.

L'observation spontanée est une phase neutre mais active de la prise de contact avec la nature, car elle ne fait ni jugement, ni interprétation et considère les faits sans hypothèses préalables. L'observation spontanée ne cherche pas à répondre à une question, à confirmer ou à infirmer des relations entre certaines propriétés naturelles. C'est une perception au hasard des circonstances et des événements. C'est pourquoi, il peut être dangereux de généraliser à partir de l'information obtenue avec ce type d'observation. Par exemple, il est possible d'observer que les feuilles des arbres tombent plus rapidement que les plumes ; que les pierres tombent plus rapidement que les feuilles. Une personne non avertie peut arriver trop souvent à la conclusion que

les corps lourds tombent plus rapidement que les corps légers, une idée fort répandue dans les milieux non scientifiques. Cette généralisation est fautive parce que deux objets relativement pesants (ex. : deux pierres de masses différentes) qu'on laisse tomber simultanément arrivent au sol en même temps. En fait, une plume tombe aussi vite qu'une pierre dans le vide. Aristote, à la suite de cette observation naturelle ou spontanée de plumes, de feuilles et de pierres énonça sa loi de la chute des corps, alors que ce n'était tout au plus qu'une hypothèse.

- **L'observation scientifique**

Il s'agit de chercher à obtenir de l'information qui confirmera ou non une idée préconçue ou une hypothèse de départ. Ce deuxième type d'observation veut donc répondre à une question ou vérifier une hypothèse. L'observation scientifique, contrairement à l'observation spontanée, est une recherche délibérée d'information précise en rapport avec un problème, une question ou une hypothèse. On a recours à l'observation scientifique dans des essais délibérés, des vérifications ou des expérimentations. Il faut alors porter une attention spéciale à certaines variables, à certains faits et à certaines composantes du phénomène étudié.

Exemples : Le fait de noter que la grosseur de la pupille d'un chat change durant la journée est une observation spontanée. Par contre, vouloir observer systématiquement la variation de la grosseur de la pupille d'un chat par rapport à la quantité de lumière du milieu ambiant donne lieu à une observation scientifique. Avoir remarqué, par ailleurs, qu'un poisson rouge ouvre plus ou moins régulièrement la bouche est une observation spontanée. Par contre, vouloir savoir si la température du milieu ambiant d'un poisson influence le nombre de fois qu'il ouvre la bouche pendant une durée de 20 secondes donnerait lieu à une observation scientifique.

Il est important de savoir que l'observation est un préalable essentiel pour un ensemble d'autres habiletés de la démarche scientifique. En effet, la comparaison, la sériation, la classification et la mesure, pour n'en nommer que quelques-unes, dépendent directement de l'observation. C'est l'observation qui permet de savoir si un objet a changé. L'observation ouvre la porte à la construction de savoirs scientifiques nouveaux et à la modification de savoirs déjà en place dans la structure cognitive de la personne qui observe. Il s'agit par contre d'une habileté dont la maîtrise est difficile à évaluer.

Sérier

Si tous les objets pouvaient être placés dans deux camps ou si tous les objets n'avaient que deux intensités, nous n'aurions pas besoin de les sérier. Il nous suffirait de placer les objets dans deux ensembles. Le regroupement d'objets en garçons ou filles, en vertébrés ou invertébrés, en vivants ou non-vivants sont des exemples d'un monde dichotomique.

En réalité, les objets, les phénomènes et les événements peuvent prendre plusieurs intensités ou valeurs. Il n'est pas toujours possible de classifier les objets de l'environnement en deux groupes. Par exemple, il serait impossible de les regrouper en objets chauds et en objets froids, car il existe dans la nature des objets très chauds, des objets chauds, des objets moyennement chauds, des objets froids et des objets très froids. La mesure est nécessaire quand les objets peuvent prendre des intensités graduées : leur longueur ou leur taille, leur largeur, leur couleur, leur température, leur tonalité, leur dureté... Souvent, il est utile de sérier les objets selon les différentes intensités qu'ils prennent, car cela permet de mieux les comparer.

Nous pouvons définir la sériation comme une **opération qui consiste à mettre en ordre certains objets, phénomènes ou événements d'après une caractéristique ou une propriété donnée.**

La sériation met en ordre certaines dimensions, intensités ou qualités observées chez des objets, des phénomènes ou des événements. La sériation exige, dans une expérience, d'être capable de percevoir certaines différences ou certaines variations et d'anticiper la place d'un objet lorsqu'on fait appel à une méthode systématique de rangement d'objets.

Dans la sériation, la grandeur mesurée n'a pas d'importance. Seule la grandeur relative ou la mise en ordre importe. Le deuxième élément d'une série n'a pas besoin d'être deux fois plus gros ou plus grand que le premier. La propriété ou la caractéristique (ici la longueur) de l'objet choisi doit être, par exemple, plus grande que la précédente et moins grande que celle qui la suivra dans une série (ordre croissant) ou encore plus petite que la précédente et plus grande que celles qui la suivront dans une série d'événements (ordre décroissant).

Nous distinguons généralement deux grands types de sériation : la sériation simple et la sériation matricielle.

- **La sériation simple**

Elle se fait en se référant à une dimension telle que la mise en ordre de cinq quantités d'eau, de la plus froide à la plus chaude.

Exemples : a) Sérier des tiges de la plus longue à la plus courte puis insérer dans cette série une nouvelle tige au bon endroit. b) Ordonner séparément deux séries d'éléments ayant entre elles une relation quelconque, puis les associer les unes aux autres. Par exemple, ordonner, d'une part, une série d'images allant du plus chaud au plus froid et associer celles-ci à une série de thermomètres en carton allant également de la température la plus chaude à la plus froide. La sériation d'éléments (bois, cire, clou, craie, ongle, savon, verre) du plus mou au plus dur est un autre exemple d'une sériation simple. L'échelle de Mohs (qui sera reprise lors de la mesure) est une sériation qu'utilisent les géologues pour déterminer qualitativement la dureté des roches et des pierres de la nature.

- **La sériation matricielle**

Elle se fait en se référant à deux dimensions ou variables.

Exemples : La page d'un calendrier séparée en colonnes (les sept jours de la semaine) et rangs (les semaines) ; des feuilles d'érable sériées en rangées selon la grandeur et en colonnes selon l'intensité de leur couleur ; diverses formes géométriques sériées selon la grandeur et le nombre d'angles de leur périmètre ; le tableau périodique en chimie est un exemple d'une sériation matricielle où les atomes sont sériés en rangées selon le nombre de protons et en colonnes selon leurs propriétés chimiques.

Pour pouvoir sérier, il faut être capable d'identifier les caractéristiques des objets, des phénomènes et des événements et de percevoir des différences entre les intensités que peuvent prendre ceux-ci. Dans le langage de tous les jours, on confond souvent la sériation avec la classification.

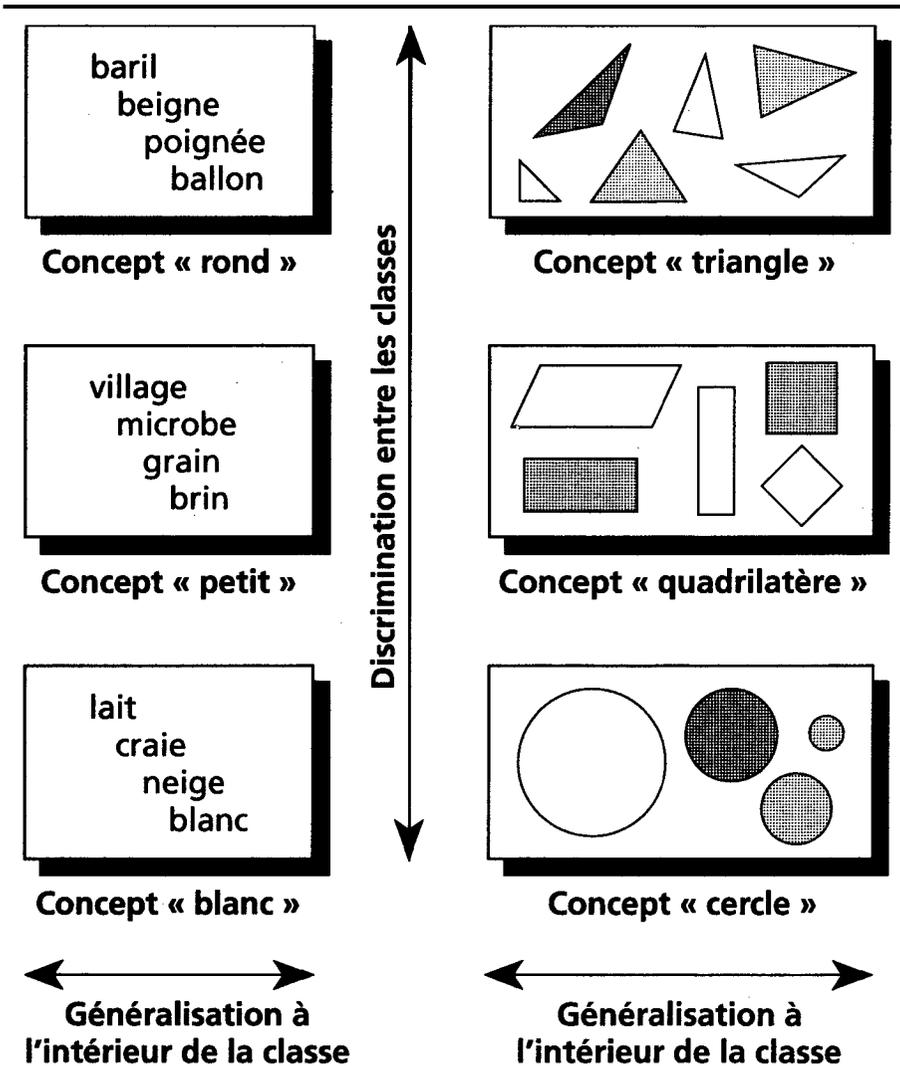
Classifier

La classification permet d'organiser (séparer ou réunir) la multitude des objets, des phénomènes et des événements de l'environnement. La classification est une habileté scientifique utile dans la formation de concepts. Par exemple, le lait, la craie, la neige et les dents ont le concept «blanc» en commun. Comme le montre la figure 2.1, des éléments de grandeurs différentes (village, enfant, grain, brin et microbe) peuvent avoir le concept «petit» en commun.

La nature est formée d'une multitude d'objets, de phénomènes, de situations, d'états ou d'événements, et il est parfois utile d'imposer un certain ordre à cette multitude en apparence assez disparate. Il est possible de regrouper un certain nombre de ces objets en observant leurs similitudes, leurs différences ou leurs interrelations. Tout est classifié autour de nous. Ce n'est donc pas une habileté utile seulement aux

scientifiques. Par exemple, le gouvernement classe les citoyens d'après leur âge, leur sexe, leur revenu ; les employeurs classent leurs employés d'après leurs fonctions dans l'entreprise ; les épiceries classent les aliments d'après certaines caractéristiques, les « pages jaunes » des annuaires téléphoniques classent les commerces d'après leur type.

FIGURE 2.1
Processus de formation de classes à partir d'un ensemble d'objets
 (adapté de *Concept Learning and Concept Teaching*
 de Robert Glaser, 1968)



Pour former une classe, il faut réunir physiquement ou mentalement des objets qui ont une caractéristique ou une propriété commune. La propriété commune identifiée doit être généralisée à l'ensemble des membres de la classe, c'est-à-dire que cette caractéristique doit appartenir à chaque membre de la classe. Une fois cette généralisation établie et le concept formé, il est possible d'inclure dans cette classe d'autres objets qui ont cette propriété. Cependant, pour qu'une classe véritable puisse être formée, il faut pouvoir distinguer ces objets ou ces événements de ceux d'une autre classe qui lui ressemble. Ainsi, on pourra distinguer entre le concept «cercle» et le concept «sphère», qui ont plusieurs points communs mais qui se distinguent au moins par une caractéristique.

Nous pouvons définir la classification comme une opération qui consiste à partager un ensemble d'objets, de phénomènes, d'états ou d'événements en classes ou catégories et à hiérarchiser systématiquement celles-ci selon un ou plusieurs critères.

La classification sépare les éléments du monde naturel en classes de plus en plus petites ou de plus en plus distinctes. Les critères de classification peuvent être naturels (le fait d'avoir des vertèbres ou non) ou arbitraires (le fait d'avoir une taille de moins de 1 mètre ou une taille de 1 mètre et plus).

Alors que la sériation permet de faire l'étude d'intensités qui forment un continuum, la classification sépare les éléments considérés en deux : d'une part, ceux qui possèdent la propriété X et, d'autre part, ceux qui ne possèdent pas la propriété X. On parle alors de classification binaire. La subdivision des objets en conducteurs d'électricité et en non-conducteurs d'électricité (isolants) est un exemple de classification. La classification reposant sur des conceptions et des interprétations humaines de la réalité, toute classification est arbitraire.

Les objets et les matériaux autour de nous ont des caractéristiques très différentes. Certains sont mous, d'autres sont durs ; certains flottent sur l'eau, d'autres se déposent au fond de l'eau ; certains sont solides, d'autres sont des fluides. Il est bon d'apprendre le plus tôt possible à organiser et à classer la grande variété d'objets ou de matériaux de l'environnement selon certaines caractéristiques ou selon certaines propriétés fondamentales. Un tel exercice permet non seulement de développer le sens de l'observation mais de comparer les propriétés des objets et des événements entre eux. La classification habituelle est celle qui s'y prête à organiser et à structurer les divers aspects de la nature. Elle rend le jugement plus relatif car, à partir d'un nombre donné d'objets, plusieurs groupements sont possibles. Les systèmes de classification sont donc construits pour leur utilité et non en fonction d'absolus ou pour dégager des vérités immuables.

La classification est une démarche qu'emploient les scientifiques et les non-scientifiques pour grouper et organiser de grands ensembles d'objets, de phénomènes ou d'événements. Autour de nous, tout a été classifié sous une forme ou sous une autre. Pour s'en rendre compte, il suffit de parcourir les rayons d'une bibliothèque ou de visiter un musée. En sciences, on sépare les êtres en vivants et non-vivants. Les biologistes classifient les êtres vivants en plantes et en animaux, les animaux en vertébrés ou non-vertébrés. Les chimistes classifient certaines substances en acides ou en bases.

Nous distinguons généralement deux grands types de classification : la classification simple et la clef taxonomique.

- **La classification simple**

La classification sépare les objets de la nature en deux : ceux qui possèdent une propriété X et ceux qui ne possèdent pas cette propriété.

- **La clef taxonomique**

Après avoir subdivisé un ensemble d'objets d'après une propriété observable, il arrive souvent qu'on obtienne deux sous-ensembles qui contiennent encore plusieurs objets. Il est alors possible de subdiviser de nouveau ces objets en deux selon une autre propriété observable, et ainsi de suite jusqu'à ce que chaque objet ou événement puisse être identifié à l'aide d'un ensemble de propriétés qui lui est propre. Nous avons appelé la structure obtenue une clef taxonomique. La subdivision des objets peut se faire d'après la couleur, la forme, l'utilité, les propriétés chimiques ou physiques, les transformations que peuvent subir ces objets, etc.

Voici quelques exemples de classification.

- ◇ Classification des animaux qui vivent dans l'eau ou qui vivent partiellement ou pas du tout dans l'eau.
- ◇ Classification des objets qui conduisent le courant électrique ou qui ne conduisent pas le courant électrique.
- ◇ Classification des objets qui roulent ou qui ne roulent pas.

Mesurer

La mesure est nécessaire, car les objets, les phénomènes et les événements peuvent prendre un grand nombre de valeurs différentes et plusieurs perceptions humaines sont subjectives. Une température de 5 °C au Québec sera considérée comme très chaude en hiver mais très froide en été.

Nous pouvons définir la mesure comme une opération qui consiste à comparer deux objets d'après une propriété commune ; l'intensité de la propriété d'un des objets étant considérée comme unitaire ou comme un étalon de mesure. Il s'agit ensuite de déterminer combien de fois l'étalon est contenu dans l'objet inconnu.

Il existe plusieurs types de mesure : la mesure directe, la mesure indirecte, la mesure dérivée et la mesure ordinale.

- **La mesure directe**

C'est une simple opération physique de superposition qui permet de constater combien de fois l'étalon de mesure est contenu dans l'objet à mesurer et vice versa (ex. : mesurer les dimensions d'une classe à l'aide d'un mètre).

- **La mesure indirecte**

C'est mesurer un phénomène par un de ses effets. Il arrive parfois qu'on puisse déceler un phénomène ou une intensité sans pouvoir le mesurer directement. Il faut alors choisir un des effets de ce phénomène et mesurer la variation de l'intensité de celui-ci.

***Exemple :** Mesurer la température d'un gymnase en se référant à l'allongement de la colonne du **liquide** d'un thermomètre. La chaleur fait «allonger» le liquide (augmente son volume grâce à la dilatation du liquide) qui monte dans le tube capillaire du thermomètre sous l'effet de la chaleur. Le liquide d'un thermomètre est soit du mercure ou de l'alcool.*

- **La mesure dérivée**

C'est le rapport entre deux mesures directes ou indirectes.

***Exemples :** La pression d'un objet sur une surface est un rapport entre la masse ou la poussée de cet objet et la surface que touche cet objet (surface de contact). La densité provient du rapport de la masse d'un objet sur son volume ou encore devient une valeur qui indique comment les parties d'un tout sont serrées ensemble (densité d'une population ou densité des étoiles dans le ciel). Les mesures de la pression et de la densité d'un objet sont obtenues non pas par des mesures directes ou indirectes mais en divisant deux nombres.*

- **La mesure ordinale**

C'est le rang qu'occupe une caractéristique d'un objet parmi un ensemble d'objets possédant la même caractéristique. On emploie ce type de mesure quand les caractéristiques des objets ne sont pas susceptibles d'être exprimées quantitativement. On se sert

alors de nombres ordinaux ou de rangs. Il est à noter que les écarts entre les objets sont ici inégaux alors que les unités sont égales dans les mesures directe, indirecte et dérivée.

Exemple : *L'échelle de Mohs ordonne dix minéraux par ordre de dureté. Cette échelle permet de déterminer la dureté d'un objet en l'intercalant entre deux minéraux de la série. L'échelle de Mohs est constituée des éléments suivants : 1) talc ; 2) gypse ; 3) calcite ; 4) fluorine ; 5) apatite ; 6) orthose ; 7) quartz ; 8) topaze ; 9) corindon ; 10) diamant. L'écart entre les intervalles n'est pas uniforme ou constant. Par exemple, si le quartz a une dureté de 7, le diamant, qui est le corps naturel le plus dur connu, devrait dans une échelle uniforme avoir un indice de 42. Le verre ordinaire se situe entre 5 et 6, le bronze a une valeur d'environ 4 et l'ongle de la main une valeur entre 2 et 3. Au primaire, on peut bâtir l'équivalent de l'échelle de Mohs. Il s'agit de sérier du moins dur au plus dur (ou le contraire) les objets suivants : savon, carton, ongle, plastique, sou noir et lime à métal. Il s'agirait ensuite de demander à l'enfant de placer un morceau de craie et un morceau de verre dans cette série.*

- **Les unités de mesure**

Les unités de mesure peuvent être conventionnelles ou non conventionnelles. Une mesure conventionnelle est celle qui a fait l'objet d'une convention et qui est acceptée par une majorité (ex. : le mètre). Une mesure non conventionnelle est celle qui n'a pas fait l'objet d'une convention et qui, par conséquent, est acceptée par peu de gens. La mesure d'une distance à l'aide de trombones ou d'un livre sont des exemples de mesures non conventionnelles. Cette unité de mesure ne sera acceptée que par les enfants d'une classe. Dans chaque cas, les unités de mesure pourront être naturelles (le temps exprimé en jours est fonction de la rotation de la Terre) ou arbitraires, comme cela se produit dans la grande majorité des cas.

- **Les caractéristiques de la mesure**

Que les unités de mesure soient conventionnelles ou non conventionnelles, elles doivent posséder certaines propriétés. Chaque unité de mesure doit être constante, appropriée, acceptée et divisible.

- **Constante**, c'est-à-dire indépendante des conditions dans lesquelles on l'utilise et de la personne qui mesure.
- **Appropriée**, c'est-à-dire proportionnée à l'objet mesuré. On ne mesure pas le poids d'un cheveu à l'aide d'une balance pour camions.

- Acceptée, c'est-à-dire utilisée par un grand nombre de personnes (ex. : kilogramme).
- Divisible, c'est-à-dire exprimée en multiples et en sous-multiples de l'unité étalon.

- **Les conditions de la mesure**

Pour qu'il y ait mesure, quatre conditions doivent être respectées :

- L'objet mesuré et l'unité de mesure doivent avoir une propriété commune. On ne peut mesurer le temps avec une règle ; il est faux de dire que « l'aire d'un carré est de 12 centimètres », il s'agit en fait de « 12 centimètres carrés ».
- L'unité de mesure ne doit pas changer dans le temps ou lorsqu'on l'utilise. Un élastique peut difficilement servir d'instrument pour mesurer la longueur. On peut cependant s'en servir pour estimer les changements d'une force comme le frottement (plus l'élastique s'étire plus la force est grande).
- Toutes les unités et sous-unités servant à mesurer une dimension ou intensité doivent être égales entre elles. La mesure ordinaire est une exception.
- L'instrument de mesure doit avoir un point d'origine ou de référence qui peut être réel ou arbitraire. Le point de référence est réel quand le zéro indique l'absence totale de la quantité mesurée. Un point de référence est arbitraire quand il est un point de repère choisi par convention ; point qui n'indique pas l'absence totale de la quantité mesurée. Les mesures de longueur, de surface, de volume et de poids ont un point d'origine réel même s'il n'est pas souvent exprimé. Par contre, le 0 °C (zéro degré Celsius) est un point de repère arbitraire, car il est possible d'atteindre des températures plus basses (jusqu'à -273 °C).

Formuler des hypothèses

Une hypothèse est une vérité possible ou encore une explication plausible de faits, de phénomènes, de situations et d'événements qu'on adopte provisoirement dans le but de la soumettre à un contrôle méthodique de l'expérience ou à l'observation systématique. L'hypothèse prévoit les résultats d'une recherche qui devront ensuite être vérifiés par l'observation ou l'expérience.

Nous pouvons définir l'hypothèse comme une **opération qui consiste à suggérer une réponse provisoire à un problème ou à une**

question avant d'effectuer des observations ou de réaliser une expérience afin de démontrer si la réponse suggérée est vraie ou fausse.

L'hypothèse est donc une réponse possible à une question qui devra être confirmée par l'observation ou l'expérimentation. Une hypothèse est donc une idée qui n'est pas encore prouvée mais qui pourra l'être après une vérification complète. Souvent, elle est l'énoncé de relations entre variables avant que ne commence l'expérience. De ce fait, il s'agit d'une réponse anticipée à une question posée, réponse qui sera vérifiée ultérieurement. En termes plus opérationnels, l'hypothèse est une affirmation temporaire que X dépend de Y, affirmation qui doit être vérifiée plus tard.

Lorsqu'on ignore l'explication d'un phénomène, il n'y a souvent pas d'autres moyens que d'avancer une solution provisoire, quitte à vérifier par la suite la justesse de cette présomption. Plusieurs hypothèses peuvent répondre à une question posée à la nature mais toutes, sauf une, devront être rejetées. Une hypothèse, aussi logique et évidente qu'elle semble, ne peut être considérée comme vraie avant d'avoir subi le crible de l'observation, de l'expérience et de l'interprétation des données découlant de celle-ci. Il suffit de penser à la loi d'Aristote sur la chute des corps pour s'en convaincre.

Une hypothèse basée exclusivement sur l'intuition n'en est pas véritablement une, car une hypothèse doit s'appuyer sur une connaissance relative du sujet traité. Une connaissance encore plus étendue sera nécessaire lors de la prédiction. Pour ne pas être farfelue, une hypothèse présuppose une connaissance préalable du sujet ou une observation minutieuse d'une partie de la nature étudiée. A cet égard, l'hypothèse est une idée temporaire qui émane de l'interprétation de connaissances ou d'observations préalables.

Nous distinguons généralement deux grandes catégories d'hypothèses : l'hypothèse induite et l'hypothèse déduite.

- **L'hypothèse induite**

L'hypothèse induite naît ou prend origine lors de l'observation spontanée de l'environnement naturel. Par exemple, on observe spontanément que le gros bout d'un oeuf est toujours dirigé vers le haut quand l'oeuf est plongé dans l'eau salée. Une hypothèse qui pourrait émerger de cette observation serait : « il existe au gros bout de l'oeuf un petit sac de gaz entre la coquille et la membrane de l'oeuf ». Ce type d'hypothèse part d'une observation particulière et propose une explication possible du phénomène considéré. Les expériences au primaire auront surtout recours à ce type d'hypothèse.

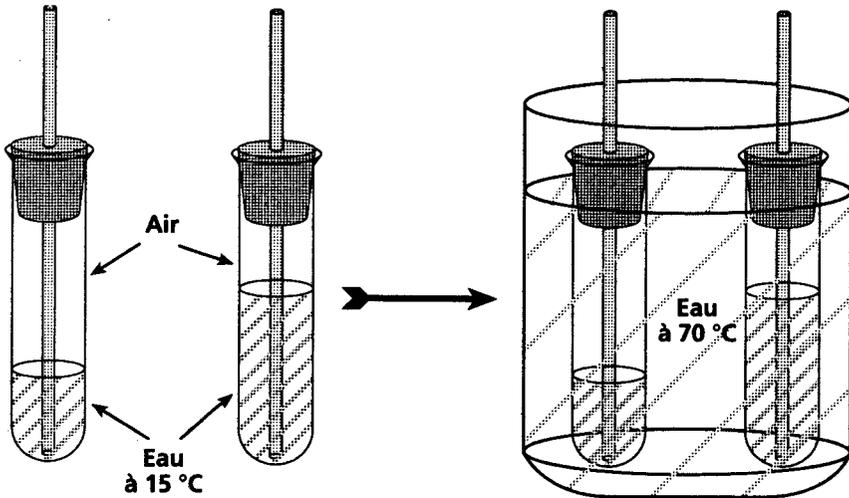
• **L'hypothèse déduite**

L'hypothèse déduite découle de lois et de principes déjà connus. Ce type d'hypothèse part d'un principe ou d'une loi et en tire des conséquences possibles. Par exemple, supposons que nous sachions que le volume de la matière (les solides, les liquides et les gaz) augmente lorsqu'on la chauffe. Il s'agira alors de formuler une hypothèse qui indiquera dans quel tube de la figure 2.2 du montage ci-dessous, l'eau montera le plus vite ; hypothèse qui expliquera le mieux le choix retenu.

Voici comment l'expérience pourrait se dérouler. Remplir le tiers d'une première éprouvette avec de l'eau à environ 15 °C et les deux tiers d'une deuxième éprouvette avec de l'eau ayant la même température. Placer un bouchon troué sur chaque éprouvette et faire passer au travers de ce bouchon un long tube de verre jusqu'au fond de l'éprouvette. Déposer rapidement les éprouvettes dans un contenant rempli d'eau à 70 °C.

FIGURE 2.2

Première étape d'une expérience illustrant le principe de la dilatation de la matière



Quatre hypothèses pourraient être retenues, toutes basées sur le principe de la dilatation de la matière.

- ◇ Plus il y a d'air dans l'éprouvette, plus l'eau s'élèvera rapidement dans le tube de verre.

- ◇ Plus il y a d'air dans l'éprouvette, moins l'eau s'élèvera rapidement dans le tube de verre.
- ◇ Plus il y a d'eau dans l'éprouvette, plus elle s'élèvera rapidement dans le tube de verre.
- ◇ Plus il y a d'eau dans l'éprouvette, moins elle s'élèvera rapidement dans le tube de verre.

Après avoir réalisé l'expérience, on observe que l'eau monte plus rapidement dans le tube se trouvant dans l'éprouvette contenant un tiers d'eau et deux tiers d'air. Il faut donc rejeter les deuxième et troisième hypothèses. Mais il faut trouver laquelle des deux autres hypothèses est fautive. En d'autres termes, est-ce la petite quantité d'eau qui est surtout responsable de la montée de l'eau dans le tube ou est-ce la grande quantité d'air ?

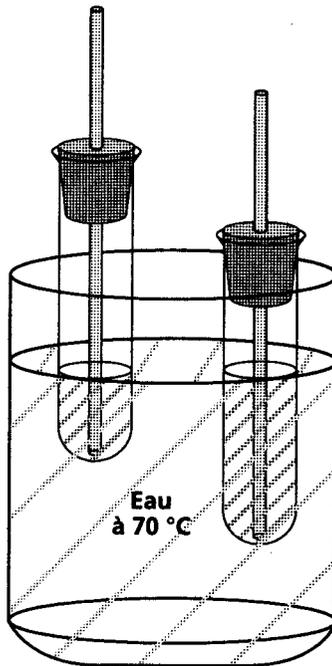
Il faut maintenant concevoir une autre expérience pour répondre à cette question. Au cours de la première expérience, nous avons enfoncé chaque éprouvette dans le récipient d'eau chaude de façon que l'eau dans le contenant recouvre entièrement chaque éprouvette. Cela a permis de rejeter deux hypothèses et d'en conserver deux. Il faut donc trouver une autre façon de faire pour rejeter une des deux hypothèses restantes et répondre ainsi à la question posée.

Pour ce faire, il suffit d'enfoncer chaque éprouvette dans le contenant d'eau chaude jusqu'à la surface de séparation air-eau de chaque éprouvette. L'eau chaude du grand récipient ne pourra réchauffer que l'eau dans chaque éprouvette, car l'air n'est pas en contact avec cette source de chaleur. Si cela ne donne pas de résultats aussi rapides qu'à la première expérience, il faudra enfoncer rapidement chaque éprouvette dans le récipient d'eau chaude, de façon que l'eau du contenant les recouvre entièrement.

Après avoir réalisé cette expérience, on observe que l'eau monte très peu dans les tubes de verre quand on enfonce chaque éprouvette jusqu'à la surface de séparation air-eau. Par contre, lorsqu'on plonge complètement les éprouvettes dans l'eau chaude, l'eau monte rapidement dans chaque tube, plus particulièrement dans l'éprouvette contenant une petite quantité d'eau et une grande quantité d'air. Cela nous permet de rejeter la quatrième hypothèse pour ne conserver que la première : « Plus il y a d'air dans l'éprouvette, plus l'eau s'élèvera rapidement dans le tube de verre ». Ce n'est donc pas l'échauffement de la petite quantité d'eau qui est responsable de la montée rapide de l'eau dans le tube mais l'expansion plus rapide de l'air sous l'effet de la chaleur. Ainsi, plus il y a d'air dans l'éprouvette, plus l'expansion de l'air sera grande et plus sa poussée fera monter l'eau rapidement dans le tube. Cette expérience

montre également que même si l'eau augmente de volume lorsqu'on la chauffe, sa dilatation est moins grande, dans les mêmes conditions, que la dilatation de l'air.

FIGURE 2.3
Deuxième étape d'une expérience
illustrant le principe de la dilatation de la matière



Cette démarche montre qu'en sciences on ne prouve pas une hypothèse mais qu'on rejette les hypothèses qui sont fausses. En fait, il s'agit de conserver une hypothèse jusqu'à ce qu'elle soit rejetée. Si cela ne peut être fait, on conserve l'hypothèse. Les lois, principes et théories scientifiques sont donc des hypothèses qui n'ont pas été rejetées. C'est donc un abus de langage de dire qu'une hypothèse a été confirmée par l'expérience, abus que nous avons pourtant commis plusieurs fois.

L'hypothèse est la phase créatrice de la démarche scientifique. C'est lors de sa formulation qu'on imagine la relation qui pourrait exister, par exemple, entre deux observations. C'est également l'hypothèse qui permet de faire certains rapprochements entre les observations. C'est pourquoi il est important de savoir que plusieurs hypothèses peuvent tenter

de répondre à une question de recherche. Cependant, une hypothèse doit être formulée de façon à être vérifiable expérimentalement.

Les scientifiques ne travaillent pas toujours à l'intérieur d'une cadre théorique bien précis. Souvent, le point de référence se limite à un certain nombre d'hypothèses sur le fonctionnement d'un aspect précis de la nature. Les hypothèses sont souvent utiles pour déterminer quelles données il faut rechercher ou observer. Ainsi, une hypothèse qui ne peut être mise à l'essai sera de peu d'utilité. Pour être utile une hypothèse doit donc être vérifiable. La formulation d'hypothèses et la conception d'une expérience pour vérifier celles-ci nécessitent souvent autant de créativité que la composition d'une pièce musicale, la rédaction d'un poème ou la conception d'un plan d'urbanisme.

Plusieurs recherches relatives à certaines maladies partent d'hypothèses qui seront peut-être encore plus plausibles dans quelques années, comme ce fut le cas après la confirmation des hypothèses de Pasteur sur les maladies infectieuses et contagieuses. Les hypothèses formulées ont été retenues et des recherches ont ensuite permis de préparer un grand nombre de vaccins.

L'hypothèse est nécessaire à l'expérience car elle :

- ◇ délimite le champ d'investigation de celle-ci ;
- ◇ sensibilise celui ou celle qui cherche à certains faits pertinents ;
- ◇ aide à faire des liens entre certains faits et à les interpréter ;
- ◇ identifie les principales variables en présence.

Certaines conditions favorisent la formulation d'hypothèses. Premièrement, il est important d'avoir en tête une question ou un problème ou encore d'avoir noté quelques faits percutants au moment de l'observation ou de l'expérience.

Le tableau 2.2 propose une méthodologie qui permet d'identifier des questions de recherche, questions qui pourront se transformer en hypothèses. Cette façon de faire peut aussi servir pour poser des problèmes qui seront par la suite sources d'expérimentation. Ce type d'interrogation permet également de formuler de bonnes questions d'évaluation des apprentissages.

Il est bon, à ce stade, de se rappeler que l'esprit humain se nourrit plus de questions que de réponses. Il semble que les questions incitent à la recherche alors que les réponses mettent souvent fin au processus de recherche, car elles invitent l'élève à se contenter de ce qui lui est proposé. Ainsi, une école qui ne fournit que des réponses ne développera pas l'esprit critique des élèves.

TABLEAU 2.2

Méthodologie pour identifier une question de recherche

Variable indépendante (cause probable)			Variable dépendante (effet probable)	
1	Quel est l'effet de... la lumière la température la nature du sol l'engrais la couleur de l'iris	sur	_____ ? la germination de grains le volume de l'air la croissance des plantes la croissance des fèves la dilatation de la pupille	
2	Comment ou à quel point... la longueur qui vibre la couleur de la lumière l'humidité de l'air la couleur du matériau la viscosité d'un liquide	affecte	_____ ? le son émis la croissance des plantes la peinture sur un objet l'absorption de la chaleur son point d'ébullition	
3	Quel(le).. serviette de papier nourriture détergent papier hygiénique surface	[verbe] est préfèrent produit est résiste	_____ ? le plus absorbante les vers le plus de bulles le plus résistant le plus au glissement	

Identifier des variables

L'énoncé d'une hypothèse facilite l'identification des variables d'une expérience. Si l'hypothèse suggère que « plus un pendule est long, moins il donnera d'oscillations dans un temps donné », la variable indépendante ou manipulée sera la longueur du pendule (les différentes longueurs des pendules) et la variable dépendante ou expérimentale sera le nombre d'oscillations obtenu (les nombres obtenus en faisant osciller les pendules de longueurs différentes).

Nous pouvons définir l'identification de variables comme une **opération qui consiste à nommer une propriété (caractéristique ou paramètre) d'un objet, d'un phénomène ou d'un événement pouvant prendre différentes valeurs ou intensités lors d'une expérience.**

Il existe, selon nous, trois catégories de variables. Toutefois, nous nous limiterons ici à définir deux catégories de variables : la variable indépendante ou manipulée et la variable dépendante ou expérimentale.

- **La variable indépendante ou manipulée** est celle qui peut être modifiée délibérément durant une expérience.
- **La variable dépendante ou expérimentale** est celle qui peut être observée ou mesurée durant une expérience, à la suite des modifications de la variable indépendante.

Au moment de l'identification des variables, il suffit de désigner les propriétés des objets, des phénomènes et des événements qui seront constantes, de même que celles qui changeront durant l'expérience. Par exemple, on veut savoir si la longueur de la mèche d'une bougie aura une influence sur la grosseur de sa flamme. La longueur de la mèche est la variable indépendante ou manipulée, variable qui pourra prendre les valeurs suivantes : courte, moyenne ou longue. La grosseur de la flamme est la variable dépendante, variable qui pourra prendre les valeurs suivantes : petite, moyenne ou grande. Il faudra, bien entendu, définir ce qu'on entend par «grande », «moyenne », «petite », «courte» et «longue ». Nous y reviendrons lorsque nous discuterons de la définition opératoire.

Pour faciliter l'identification des variables, il faut bien comprendre l'expérience qu'on veut réaliser, c'est-à-dire avoir en tête le problème qu'on souhaite solutionner, la question à laquelle on veut répondre ou l'hypothèse qu'on veut vérifier. Les variables dépendantes et indépendantes d'une expérience dépendent donc du problème considéré. La variable indépendante d'une expérience peut donc devenir dépendante dans une autre. Dans certains cas, plusieurs variables indépendantes peuvent avoir un effet sur une variable dépendante. Par exemple, la croissance des plantes peut être influencée par la nature du sol, la quantité de lumière ambiante ou la quantité d'eau dans le sol.

Voici, à titre d'exemple, un problème. Supposons qu'on veuille savoir si le bois d'un arbre est plus dur dans son tronc ou en son sommet. La variable indépendante ou manipulée serait la provenance du bois (le tronc ou le sommet) et la variable dépendante serait la dureté de ces morceaux de bois.

Quelques-unes des variables (propriétés) souvent utilisées lors de la réalisation d'expériences scientifiques sont le temps, la dureté, la grandeur, la quantité, la croissance, l'humidité, la masse, la couleur, la pression, l'élasticité, le volume, le déplacement, la forme, l'absorption, la reproduction, la température... Comme le montre le tableau 2.2, les variables dépendantes et indépendantes sont souvent présentes dans l'énoncé de la question ou du problème.

L'identification des variables pose certains problèmes. Par exemple, il est parfois difficile de distinguer la variable dépendante de la variable

indépendante ou manipulée. Parfois, il est également difficile de distinguer une variable qui est indispensable à l'étude d'un problème d'une variable qui est sans importance. À titre d'exercice, il serait utile d'identifier les variables dépendantes et les variables indépendantes dans les problèmes suivants :

- ◇ Fusion de glaçons dans différentes quantités d'eau qui ont au départ la même température.
- ◇ Fusion de glaçons dans des quantités identiques d'eau ayant des températures différentes.
- ◇ Fusion de glaçons dans des milieux différents.

Contrôler les variables

Le contrôle des variables dans une expérience met en place des conditions favorables qui feront que l'expérience aura des chances de produire des résultats valides. Le contrôle des variables permet, entre autres, de voir si la variable indépendante qu'on fait varier est responsable d'un changement quelconque chez la variable dépendante.

Nous pouvons définir le contrôle des variables comme une **opération qui consiste à s'assurer que toutes les variables d'une expérience sont constantes sauf une variable qu'on modifie délibérément (la variable manipulée) dans le but d'observer et de mesurer son effet (la variable dépendante).**

Avec des enfants, il peut être utile, voire préférable, de parler d'une expérience juste, honnête, équitable, correcte ou encore d'un test juste plutôt que de parler de «contrôle des variables». Contrôler les variables d'une expérience signifie qu'on essaie, d'une part, de garder un certain nombre de variables constantes durant une expérience et, d'autre part, que la variable manipulée est contrôlée par l'expérimentateur et que la variable dépendante est influencée par la variable manipulée (est contrôlée par elle). Les enfants comprennent bien que, pour déterminer qui est le plus rapide dans une course, il faut contrôler certains facteurs. Il suffit que tous les participants et participantes partent en même temps d'une même ligne de référence. Il faut aussi que tous aient des espadrilles... Les conditions dans lesquelles la course se déroulera doivent être équitables. Dans ce cas, la variable indépendante correspond aux différents enfants qui participent à la course. La variable dépendante est la durée nécessaire pour parcourir une distance prédéterminée. Si tout a été contrôlé, l'enfant qui arrivera en premier sera le plus rapide. Les enfants comprennent bien que celui qui part avant le signal de départ triche. Ils peuvent donc

comprendre pourquoi il est nécessaire de contrôler les variables pour qu'une expérience soit juste.

Comme nous l'avons précisé lors de l'identification des variables, il existe trois catégories de variables. Deux d'entre elles ont déjà été présentées. La troisième catégorie concerne les variables constantes.

- **Les variables constantes** sont les variables qu'on essaie de garder constantes au début d'une expérience et, si possible, tout au long de celle-ci.

Lorsqu'on veut savoir si une variable a une influence sur le comportement d'un objet, d'un phénomène, d'un événement ou encore sur une partie de l'univers qu'on considère, il faut comparer l'état final et l'état initial de ce système en ne faisant varier que la variable indépendante ou manipulée. Cela permet de voir si la variable qu'on manipule est responsable d'un changement quelconque et cela s'appelle une expérience contrôlée.

Il arrive parfois que le gâteau qu'on vient de préparer ne soit pas aussi bon que prévu, même si la recette a été respectée. Cela dépend peut-être de l'âge des oeufs, de la température du beurre, d'un changement qui s'est produit dans un des ingrédients ou de toute une série de petites variations passées inaperçues. De plus, il est très difficile, d'une fois à l'autre, d'effectuer exactement les mêmes gestes dans les mêmes conditions.

Voici un autre exemple du contrôle des variables.

- ◇ **Questions** : Dans quelles conditions le fer rouille-t-il ? Quelles sont les variables qui ont une influence sur l'oxydation du fer ?
- ◇ **Hypothèse** : L'humidité de l'air peut avoir une influence sur la formation de la rouille. (Dans ce cas, la variable indépendante ou manipulée est l'humidité de l'air ambiant.)
- ◇ **Expérience** : Toutes les autres choses étant égales ailleurs [toutes les autres variables étant constantes (ex. : température, grosseur du bocal, caractéristiques du fer...)], comparer un morceau de fer laissé à l'air sec avec un morceau de fer identique entouré d'air humide.
- ◇ **Conclusion** : Lorsque toutes les autres conditions sont identiques, l'humidité de l'air est un facteur responsable de la formation de rouille sur le fer.

Dans cet exemple, la rouille du fer est la variable dépendante ou expérimentale et les caractéristiques de l'air (sec ou humide) sont les valeurs de la variable manipulée ou indépendante.

Le contrôle des variables peut poser de nombreux problèmes. Pour contrôler des variables, il faut d'abord bien comprendre l'expérience qu'on souhaite réaliser et avoir identifié clairement les variables pouvant avoir un effet sur elle. Par exemple, il est parfois difficile d'identifier toutes les variables qu'on devrait tenter de garder constantes tout au long d'une expérience. De plus, certaines variables sont souvent constantes au début d'une expérience mais peuvent varier au cours de celle-ci. Par exemple, supposons qu'on veuille savoir si la hauteur des bougies a une influence sur la durée de combustion de celles-ci dans des bocaux identiques. La variable manipulée est alors la longueur de la bougie et la variable dépendante est la durée de combustion de la bougie dans le bocal. Les variables constantes sont la capacité des bocaux, la grandeur de la flamme, la température initiale des bocaux, la nature des bougies, etc. On se rend rapidement compte que la température des bocaux, pourtant constante au départ, change au cours de l'expérience ; il en est de même pour la grandeur de la flamme des bougies.

Il faut tenter le plus possible de comprendre une expérience en termes de variables et essayer de voir comment ces variables peuvent s'influencer l'une l'autre. Au primaire, il est important que les expériences proposées aux enfants ne fassent appel qu'à une seule variable manipulée à la fois. Souvent, l'enfant ne se rend pas compte que plus d'une variable manipulée est en cause dans une expérience. Par exemple, ce serait une erreur de donner à des enfants des pendules de différentes longueurs et de différentes masses en leur demandant de les faire osciller à partir de différentes hauteurs pour déterminer le nombre d'oscillations obtenu. Il faudrait plutôt leur présenter trois expériences successives où les variables manipulées seraient, à tour de rôle, la longueur des pendules, la masse de la lentille au bout des pendules et l'amplitude des pendules (la hauteur de chute des pendules).

Tous les aspects de la nature ne se prêtent pas à des expérimentations contrôlées. Il suffit de penser à l'étude des astres, des animaux dans leur environnement naturel ou de certains phénomènes géologiques. L'étude de ces portions de la nature dépendent plus de l'observation systématique que d'expériences contrôlées.

Définir opérationnellement

Une des caractéristiques des sciences de la nature est la possibilité de répéter les expériences pour voir si les résultats seront les mêmes. Les résultats obtenus par une personne à un moment donné doivent pouvoir être obtenus par une autre personne à un moment différent. Une condition favorisant cette reproduction est la définition opératoire.

Nous pouvons présenter la définition opératoire comme étant une **opération qui consiste à décrire avec précision un procédé ou une façon de faire permettant d'identifier, de repérer ou de mesurer un concept donné.**

La définition opératoire décrit ce procédé en employant des termes observables et, si possible, mesurables ou, tout au moins, en employant des termes univoques. De plus, les termes employés doivent avoir une signification précise dans le contexte de l'expérience. Une définition opératoire doit préciser ou éliminer les termes qui sont ambigus. Elle doit faire ressortir les aspects et les comportements observables ou mesurables et indiquer ce qu'il faut faire pour que le procédé soit conforme à la définition.

Voici quelques exemples de différents types de définitions opératoires. Supposons qu'on veuille mesurer au cours d'une expérience la capacité de différents bocaux afin de déterminer si leur capacité a une influence sur la durée de combustion d'une bougie placée à l'intérieur de chacun de ceux-ci. Il s'agira d'abord de déterminer la capacité de chaque bocal, c'est-à-dire la quantité d'eau qui se loge dans chacun d'eux. Une définition opératoire d'un bocal plein pourrait être «la quantité maximale d'eau en centilitres (ou toute autre unité de mesure) qu'on peut verser dans ce bocal ». Les compagnies fabriquant des confitures définissent parfois autrement un bocal plein...

Au cours de la même expérience, il faudra proposer une définition opératoire qui décrive précisément le moment où la bougie cesse de brûler et ce, afin de mesurer la durée de combustion de celle-ci. En fait, quand peut-on dire qu'une bougie est vraiment éteinte ? Est-ce quand la flamme devient très petite ? Est-ce quand il ne reste qu'un petit point rouge incandescent sur le bout de la mèche ? Est-ce quand il se dégage de la mèche une petite bouffée de fumée ? Une définition opératoire du moment où la bougie s'éteint pourrait être : «quand il se dégage de la mèche une petite bouffée de fumée après que la flamme a disparu ». Cette définition n'est valable que dans le contexte proposé, c'est-à-dire quand on fait brûler une bougie dans un bocal fermé. Un autre exemple devrait nous permettre de bien comprendre ce qu'est une définition opératoire. Une petite ampoule brille quand le courant passe par son filament, c'est-à-dire quand celle-ci forme avec une pile un circuit électrique. Un circuit électrique pourrait être défini comme «une suite ininterrompue de conducteurs» ou, d'une façon plus concrète, comme «une ampoule, une pile et des fils électriques reliés de façon à faire briller l'ampoule». Le filament de l'ampoule fait donc partie de cette suite ininterrompue à moins d'être brisé. Nous pouvons donc définir opérationnellement un conducteur comme «tout objet qui peut compléter un circuit électrique ».

Comment sait-on que le circuit est complet ? « Un circuit est complet quand l'ampoule d'un circuit électrique brille. »

La définition opératoire est une habileté difficile à acquérir pour de jeunes élèves. Pour y arriver, les enfants ont besoin de l'aide des enseignants, qui devront dans bien des cas procéder par essais et erreurs. Par exemple, on peut se demander quand la pousse d'une graine devient un plant. Une définition opératoire possible serait : «une pousse provenant d'une graine devient un plant quand elle perd son cotylédon (sa réserve nutritive) ». Il est à noter que cette définition ne s'applique pas aux pousses qui émergeraient d'un tronc d'arbre. Quelle est la définition opératoire d'une mauvaise herbe ? « Plant qui pousse là où l'être humain veut voir pousser autre chose » serait une définition opératoire acceptable. On voit que la notion de mauvaise herbe est relative et difficile à identifier mais peut être facile à observer si on est en présence d'une définition opératoire bien formulée. Est-ce qu'un érable qui pousserait parmi des fleurs serait considéré comme une mauvaise herbe ? Quelle est la définition opératoire de la glace ? Est-ce «un solide qui devient liquide» ? Non, c'est plutôt «un solide qui devient liquide à 0°C».

On utilise souvent des définitions opératoires dans des contextes beaucoup plus complexes que ceux présentés jusqu'ici. Voici l'exemple d'une expérience en sciences de la nature que pourraient réaliser des élèves de cinquième année.

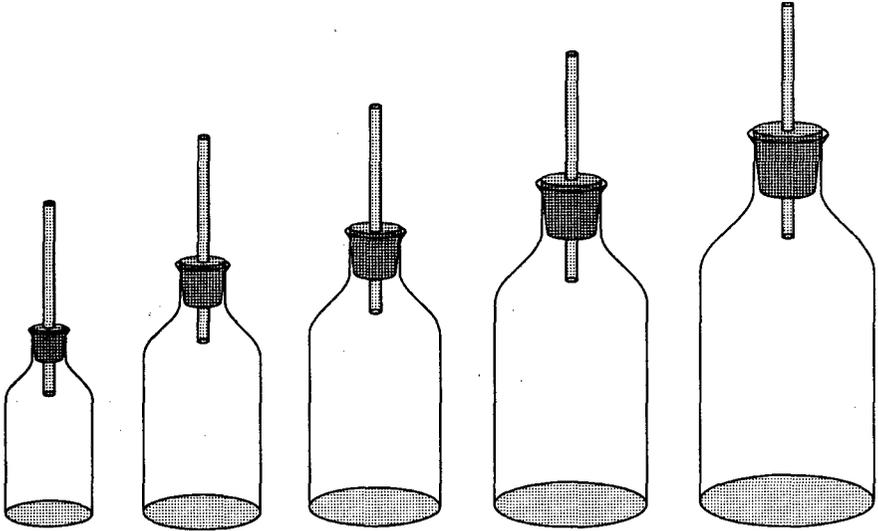
Il s'agirait pour les enfants

- ◇ de réfrigérer un grand nombre de petites bouteilles de cinq capacités différentes.
- ◇ d'insérer dans le goulot de chaque bouteille un bouchon de caoutchouc traversé par un tube de verre.
- ◇ de placer, à tour de rôle, leurs mains autour de chaque bouteille en prenant bien soin d'introduire le bout du tube de verre sous l'eau pour mieux compter les bulles du gaz dégagé (ce gaz est de l'air).
- ◇ de compter le nombre de bulles dégagées à toutes les 30 secondes pendant 120 secondes tout en maintenant le bout du tube sous l'eau. Les résultats obtenus par ce groupe sont présentés à la figure 2.4.

Les enfants ont aussi remarqué au cours de l'expérience que chacun d'entre eux ne produisait pas le même nombre de bulles même si chaque essai avait été fait dans des conditions similaires. Ils ont aussi noté qu'ils produisaient souvent plus de bulles s'ils se frottaient vigoureusement les mains avant de les mettre en contact avec une bouteille. Quelques

enfants ont avancé l'idée que les personnes aux mains chaudes faisaient sortir plus de bulles d'une bouteille que les personnes aux mains froides.

FIGURE 2.4
Tableau du nombre de bulles dégagées en fonction de la capacité des bocaux



Bouteilles	Numéro	30 s	60 s	90 s	120 s
sériées selon leur	1	6	10	12	13
capacité croissante	2	9	15	19	21
	3	18	30	37	40
	4	27	45	55	59
	5	30	50	62	67

Il serait possible après ce constat de proposer une définition opératoire de la chaleur dégagée des mains ou de la chaleur animale. Dans ce contexte, «la chaleur dégagée des mains d'une personne est en rapport avec le nombre de bulles d'air obtenu dans un temps donné ». En comptant le nombre de bulles que peuvent produire plusieurs élèves dans un temps donné, il serait possible de sérier les élèves de celui ou celle qui dégage le moins de chaleur à celui ou celle qui en dégage le plus. Cette sériation se ferait en tenant compte de la définition opératoire proposée, c'est-à-dire en comptant le nombre de bulles dégagées. Le raisonnement

étant qu'une personne produit plus de bulles parce qu'elle dégage plus de chaleur ; chaleur qui réchauffe le verre de la bouteille puis l'air à l'intérieur de la bouteille. Un gaz augmente de volume lorsqu'on le chauffe, ce qui explique pourquoi les bulles de gaz sortent de la bouteille.

Voici d'autres définitions opératoires complexes.

- ◇ Un insecte est un animal ayant une tête, un thorax, un abdomen, six pattes et deux antennes. D'après cette définition, une fourmi est un insecte mais une araignée n'en est pas un, car elle possède huit pattes.
- ◇ L'évaporation est la différence d'une quantité d'eau stagnante mesurée en deux moments différents.
- ◇ Un litre est le volume d'un kilogramme d'eau à 4 °C.
- ◇ Deux objets ont des masses identiques lorsqu'ils sont en équilibre sur une balance à fléau.

Il est souvent nécessaire de définir opérationnellement une variable pour bien observer ou mesurer celle-ci. Supposons qu'on souhaite mesurer l'effet de la vitamine E sur l'endurance d'une personne. Il nous faut d'abord savoir comment déterminer l'endurance d'une personne. Voici des exemples d'une définition opératoire de l'endurance d'une personne :

- ◇ Le nombre d'heures consécutives qu'une personne peut rester éveillée.
- ◇ La distance qu'une personne peut courir avant de s'arrêter.
- ◇ Le nombre de fois consécutives qu'une personne peut ouvrir et fermer ses mains avant de s'arrêter.

Un dernier exemple permettra de bien comprendre ce qu'est une définition opératoire. Vous voulez savoir si les engrais (A, B et C) peuvent avoir un effet sur la croissance des fèves. Étant donné que la croissance des fèves est trop difficile à définir opérationnellement, vous décidez de mesurer l'effet des engrais sur la masse végétale produite par les plants de fèves. Quelle est alors la meilleure façon d'opérationnaliser ce problème ?

- ◇ Compter tous les dix jours le nombre de feuilles sur les différents plants de fève et ce, jusqu'à leur maturité.
- ◇ Mesurer tous les dix jours la distance entre le sol et la feuille la plus haute et ce, jusqu'à leur maturité.
- ◇ Faire pousser les plants dans des pots et peser chaque pot tous les dix jours et ce, jusqu'à leur maturité.

Il est bien entendu que ces définitions ne sont pas parfaites et qu'il faudra peut-être en suggérer d'autres. Par exemple, qu'est-ce qu'on entend par maturité ? Il faudra peut-être proposer une définition opératoire de la maturité (le moment où les cosses cesseront d'apparaître). Chaque définition doit être discutée, ce qui explique pourquoi les sciences de la nature ont une si grande valeur formatrice.

Les énoncés ci-dessous ne sont pas des définitions opératoires. Savez-vous pourquoi ?

Kilogramme : unité de masse du système métrique.

Litre : quantité de liquide.

Fleur : partie d'une plante.

Conducteur : objet qui conduit bien le courant électrique.

Expérimenter

L'expérimentation est une habileté cumulative qui fait appel à un grand nombre d'habiletés de la démarche scientifique. C'est un mode d'acquisition de connaissances fondé sur des expériences logiquement organisées. Pour qu'une expérience soit valable, il faut avoir en tête une hypothèse, une question ou un problème précis et souvent être en mesure de contrôler les variables.

Nous pouvons définir l'expérimentation comme une **opération qui consiste à provoquer dans des conditions déterminées une ou plusieurs observations dans le but de vérifier une hypothèse, de répondre à une question ou de solutionner un problème.**

L'expérimentation est donc une observation dirigée ou encore un test visant à répondre à une question ou à vérifier une hypothèse.

Nous distinguons généralement deux grands types d'expérience : l'expérience inductive et l'expérience déductive.

- **L'expérience inductive**

Ce type d'expérience alimente et sert de fil conducteur de la pensée. L'expérience précède l'acquisition de nouveaux savoirs, savoirs qui seront dégagés d'expériences dirigées par des hypothèses hésitantes. L'expérience cherche à aider la pensée à établir des lois et des principes scientifiques en lui fournissant des données justes.

• L'expérience déductive

Ce type d'expérience valide la pensée. Le savoir précède alors l'expérience. Ce savoir découle de l'interprétation de faits, de concepts et de lois déjà connus. C'est cette interprétation qu'on tente de valider par une nouvelle expérience. Il s'agit alors de confirmer ou d'infirmer et, par conséquent, de vérifier les relations qui semblent découler de principes et de lois déjà établis.

L'expérimentation consiste à provoquer, dans des conditions bien déterminées, une observation en vue de découvrir la nature du phénomène étudié. Expérimenter, c'est susciter un phénomène dans des conditions qui favorisent son observation la plus exacte possible. Expérimenter, c'est aussi forcer les faits à se dévoiler en vue de vérifier une hypothèse ; cette dernière étant l'âme de l'expérimentation. En effet, l'hypothèse est une question posée à la nature ; question qui détermine le but de l'expérience et oriente le choix des variables à étudier et des observations à réaliser.

En sciences de la nature, la démarche suivie dans une expérience contrôlée est à peu près toujours la même. Il s'agit de faire varier une variable indépendante à la fois puis d'observer et de mesurer les conséquences de cette variation. Il est important de se rappeler que c'est toujours la nature qui fournit les réponses et jamais la personne qui fait l'expérience. Le principal avantage de l'expérimentation, c'est qu'il n'est pas nécessaire d'attendre longtemps pour que le phénomène se manifeste. Ainsi, c'est l'expérience qui force la nature à se dévoiler. En un mot, l'expérimentation, grâce à sa technique opératoire, fournit des résultats plus riches et plus précis que la simple observation. L'expérimentation réalisée pourra être la source de nouvelles questions, qui seront à leur tour à l'origine de nouvelles hypothèses qui devront être vérifiées par de nouvelles expériences. De plus, la multiplication des expériences à partir d'une même hypothèse augmente la valeur des conclusions dégagées. Les habiletés scientifiques présentées dans le présent chapitre ne sont pas toutes utilisées au cours d'une expérience. À vrai dire, il ne faut utiliser que les habiletés qui sont appropriées au problème considéré. De plus, il y a souvent dans les expériences des variables incontrôlées et ce, même dans les expériences soigneusement contrôlées. L'expérience doit donc être planifiée en détail.

L'expérience veut répondre à des questions. Voici quelques exemples de questions qui pourraient être source d'expériences.

- ◇ Comment savoir si la masse d'un objet a une influence sur sa vitesse de chute ?
- ◇ Comment savoir si la masse d'un pendule a une influence sur le nombre d'oscillations qu'il donne en 15 secondes ?

- ◇ Comment savoir si l'exercice physique peut, à la longue, réduire le rythme cardiaque d'une personne ?
- ◇ Comment savoir si la lumière influence la croissance des plantes ?

L'élaboration d'une procédure expérimentale est un aspect fondamental de la démarche scientifique et aurait dû normalement précéder la présentation de l'expérimentation. Nous avons plutôt choisi de consacrer un chapitre entier à cet aspect (chapitre 8).

Organiser les données

L'organisation des données en vue de leur interprétation est une activité proprement humaine et non seulement une habileté scientifique. Tout au cours de leurs investigations scientifiques, les enfants observent, classifient, mesurent et notent les résultats dégagés de l'expérience et de l'observation. Une bonne organisation de ces données facilitera l'interprétation des résultats obtenus.

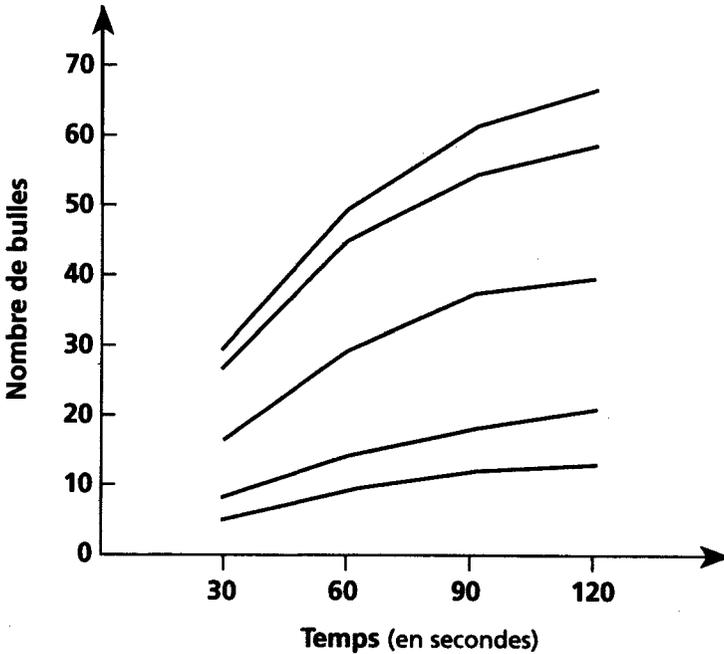
Nous pouvons définir l'organisation des données comme une opération qui consiste à noter ou à regrouper les données obtenues sous forme de tableaux et de graphiques et ce, dans le but de faciliter la prédiction et l'interprétation des résultats obtenus de l'observation ou de l'expérimentation.

La construction de tableaux nécessite comme préalable la compréhension de la notion de variable et la capacité d'identifier les principales variables en jeu dans une expérience. Le tableau des résultats est une façon de regrouper certaines données qui ont été dégagées de l'observation et de l'expérience (voir le tableau des données présenté à la figure 2.4). Un tableau est souvent préalable à la construction d'une représentation graphique. La représentation graphique étant, quant à elle, un moyen efficace de communiquer les résultats obtenus en employant peu de symboles. Un graphique permet d'interpréter visuellement certaines relations entre divers phénomènes ou variables. Il aide également à faire des prédictions, c'est-à-dire qu'il permet d'aller au-delà des données exprimées par le graphique. La capacité d'identifier les variables d'une expérience est donc un préalable à l'habileté de pouvoir bien organiser les données.

Nous avons construit à la figure 2.5 un graphique à partir des données du tableau de la figure 2.4. Sur l'axe horizontal, on retrouve le temps exprimé en secondes et sur l'axe vertical, le nombre de bulles dégagées. La surface que délimitent ces deux axes est parcourue par cinq courbes distinctes, soit une pour chaque bouteille.

Il existe deux grandes façons d'organiser des données : le tableau et le graphique.

FIGURE 2.5
Graphique du nombre de bulles dégagées en fonction du temps



- **Le tableau** est une présentation ordonnée de l'ensemble des données obtenues d'une observation ou d'une expérience. Un tableau est formé de rangées et de colonnes dans lesquelles on inscrit les diverses valeurs des variables indépendantes et dépendantes.
- **Le graphique** est un moyen visuel qui présente une relation entre deux variables. Il vise à rendre la ou les relations entre les variables plus concrètes.

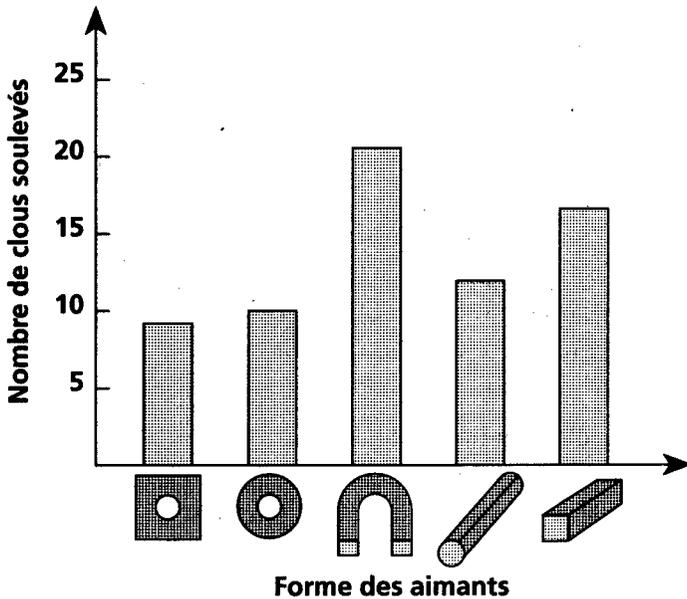
La variable indépendante ou manipulée, c'est-à-dire la variable que fait varier l'expérimentateur durant une expérience, se situe de préférence le long de l'axe horizontal du graphique. Il en est de même pour la variable «temps» et ce, qu'elle soit une variable dépendante ou indépendante.

- L'histogramme est un graphique fort utile quand un des axes représente une variable discontinue. Par exemple, si on veut

tracer un graphique de la monnaie que différentes personnes ont dans leur poche, l'axe horizontal représente alors la valeur des différentes pièces de monnaie (1, 5, 10, 25 sous et 1 dollar) et l'axe vertical représente la fréquence observée de chacune des pièces de monnaie. Il n'existe pas de pièce de 3 sous, ni une fréquence de 1,5 pièce de 5 sous. Ces deux variables en cause sont donc discontinues. Le nombre de clous soulevés selon les différentes formes des aimants est un autre exemple d'un histogramme.

FIGURE 2.6

Nombre de clous soulevés en fonction de la forme d'un aimant



- Le graphique cartésien est approprié quand une ou les deux variables sont représentées par des variables continues. Par exemple, le fait de tracer le nombre d'oscillations de pendules en fonction de leurs longueurs. L'axe horizontal représente la longueur des pendules en centimètres. L'axe vertical représente le nombre d'oscillations obtenues par ces pendules pendant une durée de 15 secondes. La représentation graphique du nombre de bulles (variable discontinue) en fonction du temps (variable continue) est un autre exemple d'un graphique cartésien.

- La prédiction à l'aide d'un graphique peut se faire de deux façons : par l'interpolation quand la donnée qu'on souhaite prédire se situe à l'intérieur des données que représente le graphique (les données déjà connues) et par extrapolation quand la donnée qu'on souhaite prédire se situe à l'extérieur ou au-delà des données déjà présentées sur le graphique ou dégagées de l'expérience.

L'organisation des données présente quelques difficultés. D'abord, on a trop souvent tendance à construire des graphiques trop petits avec des unités trop petites. Plus un graphique est petit, plus la prédiction faite à partir de celui-ci pourra être erronée. Les enfants ont souvent de la difficulté à trouver les variables qui sont représentées par les axes des graphiques. Ils ont aussi de la difficulté à interpréter les tableaux et les graphiques, c'est-à-dire à en tirer une signification ou à en dégager certaines tendances. Il est donc important lors de l'interprétation des tableaux et des graphiques de limiter les conclusions aux données en présence.

Voici quelques exemples de graphiques qui pourraient être construits.

- ◇ Quels sont ceux et celles qui ont ou qui ont eu des animaux à la maison ? Coller des petits carrés de cartons vis-à-vis le type d'animal (ex. : chien, chat, poisson, oiseau, hamster). [histogramme]
- ◇ Nombre d'épingles droites soulevées par un aimant à travers un nombre variable d'épaisseurs de papier. [histogramme]
- ◇ Mélange d'un volume d'eau à 70 °C avec deux volumes d'eau à 40 °C. On obtient trois volumes à 50 °C. [histogramme]
- ◇ Nombre d'oscillations obtenu en fonction des masses de différents pendules. [graphique cartésien]
- ◇ Le poids des élèves en fonction de leur taille. [graphique cartésien]

Inférer

En sciences de la nature, il ne suffit pas d'observer et d'expérimenter. L'élève doit aussi chercher un sens, une cohérence ou une structure pour expliquer les données obtenues ou, encore, pour tirer les conséquences des lois et des théories déjà développées.

Nous pouvons définir l'inférence comme une **opération qui consiste à tirer une conclusion de données brutes ou une conséquence des lois.**

Nous distinguons généralement deux types d'inférence : l'induction et la déduction.

- **L'induction** est un type d'inférence qui cherche à confirmer ou à infirmer une hypothèse à l'aide des données obtenues de l'observation et de l'expérimentation et ce, dans le but d'en tirer des conclusions générales. L'induction tire des conclusions des données obtenues et tente d'identifier dans les données des régularités, des constances ou des structures.
- **La déduction** est un type d'inférence qui cherche à tirer les conséquences logiques d'un concept, d'une loi ou d'une théorie déjà connue. La déduction part du concept, de la loi ou de la théorie pour prédire un cas particulier.

Voici quelques caractéristiques de l'inférence :

- ◇ La déduction et l'induction alternent fréquemment l'une avec l'autre lors d'une expérience scientifique.
- ◇ Les méthodes actives en pédagogie reposent sur l'induction et y font surtout appel.
- ◇ Une conclusion tirée par induction des résultats découlant d'une observation ou d'une expérience devient souvent la source d'une autre expérience ou observation.
- ◇ Une conclusion dégagée par induction peut devenir une hypothèse qui sera à l'origine d'une nouvelle expérience. De même, la déduction tirée d'une conclusion pourra être la source d'une nouvelle expérience.
- ◇ Il est parfois difficile de distinguer l'inférence de l'observation. On peut observer qu'une poudre est blanche, granuleuse, qu'elle se dissout facilement dans l'eau et qu'elle est sucrée. On ne peut cependant pas observer que cette poudre est du sucre. Ce n'est qu'à partir de toutes ces observations et compte tenu de notre expérience antérieure, qu'on peut inférer (conclusion tirée par induction) que cette poudre est du sucre.
- ◇ Souvent, la conclusion tirée des données de l'observation ou d'une expérience doit être considérée comme une hypothèse et resoumise au crible de l'expérience pour en vérifier la justesse.
- ◇ Il faut presque toujours plusieurs essais ou expériences avant de pouvoir tirer de la nature une conclusion juste et valide.

En résumé, l'inférence est un processus ou une opération intellectuelle permettant de tirer des conclusions directement des objets, des phénomènes et des événements de notre environnement (**induction**). Dans ce cas, les conclusions construites sont le résultat de la mise en relation des faits observés ou des données dégagées. Inférer est également

une opération intellectuelle par laquelle on dégage une conséquence ou un principe nouveau d'une proposition déjà tenue pour vraie (**déduction**).

On utilise en science ces deux types d'inférences. Les sciences de la nature sont en premier lieu inférentielles, en ce sens que la démarche scientifique tente d'abord de tirer des conclusions à partir de nombreux faits particuliers ou des données obtenues de l'observation ou de l'expérience. C'est l'induction. L'esprit se déplace alors du particulier vers le général. Il s'agit, dans ce processus, d'essayer de dégager des faits particuliers en apparence isolés, des régularités, des structures ou d'identifier des causes probables ou possibles. Si, par exemple, après avoir fourni du lait à un grand nombre de plantes, on observe que celles-ci ne se sont pas plus développées que celles nourries à l'eau, il est possible de conclure que le lait n'a pas d'effet sur la croissance de ce type de plante. Pour tirer cette conclusion, l'esprit a dû inférer. Il est à noter que la conclusion précédente ne s'applique qu'au type de plante étudiée. Il est en effet possible que le lait influence positivement ou négativement certaines espèces de plantes. Cette conclusion est aussi limitée par les contrôles effectués lors de cette expérience. Par exemple, est-ce que toutes les autres variables ont été contrôlées durant l'expérience ? Il faut donc apprendre à douter de ses conclusions et croire qu'il aurait été possible de penser autrement. En fait, les conclusions que nous tirons ne peuvent être meilleures que les données sur lesquelles elles reposent. Elles ne peuvent être meilleures que le raisonnement qu'on leur applique. Des données douteuses et un raisonnement défectueux conduisent à des conclusions erronées.

Il est possible en science d'avoir recours à un deuxième type d'inférence, c'est-à-dire à la déduction. Il s'agit alors de passer du général au particulier. Si, par exemple, on croit en la validité du principe de conservation de l'énergie, qui est le résultat de nombreuses expériences et vérifications, il est alors possible de déduire de ce principe des applications particulières. Par exemple, il est possible de prédire la température du mélange d'une quantité d'eau à 10 °C avec une quantité identique d'eau à 50°C. Dans ce cas, on utilise un principe déjà acquis pour déterminer ou prédire ce qui arrivera lorsqu'on mettra ces deux quantités d'eau ensemble. Si les sciences de la nature ne permettaient pas de prédire, elles seraient tout à fait inutiles.

En sciences de la nature au primaire, l'induction sera le type d'inférence le plus souvent utilisé. Par exemple, on tient dans ses mains une petite bouteille remplie d'air. Le goulot de la bouteille est fermé par un bouchon traversé par un tube de verre. On place le bout du tube de verre dans un verre rempli d'eau et on compte le nombre de bulles dégagées en fonction du temps.

Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau 2.3 ci-dessous. Après l'étude des données de ce tableau, il est possible de tirer par induction quelques conclusions.

TABLEAU 2.3
Nombre de bulles d'air dégagées en fonction du temps

Durée de l'échauffement de la bouteille remplie d'air (en secondes)	Nombre de bulles d'air dégagées de la bouteille
0	0
30	25
60	37
90	42
120	45
150	45

Les conclusions tirées de l'expérience et du tableau des données, si elles sont valides, pourront enrichir la structure conceptuelle des sciences de la nature. Les trois premières conclusions sont factuelles. Les deux dernières peuvent être considérées comme des principes plus généraux.

- ◇ Les bulles qui s'échappent du tube en verre deviennent visibles en pénétrant dans l'eau.
- ◇ Plus longtemps on chauffe l'air dans une bouteille, plus il se dégage de bulles d'air.
- ◇ Au début, beaucoup de bulles sortent du tube, mais après un certain temps, il ne sort plus aucune bulle d'air.
- ◇ L'air augmente de volume lorsqu'on le chauffe.
- ◇ Lorsqu'on est en présence d'une source de chaleur limitée appliquée à un volume d'air, son volume augmente (se dilate) plus rapidement au début que par la suite.

Certaines de ces conclusions ont une portée limitée. Il est en effet difficile de généraliser quoi que ce soit étant donné la petite quantité de données disponibles. Ces conclusions devraient normalement être considérées comme des hypothèses qui pourraient être vérifiées par d'autres expériences.

Il est parfois difficile de distinguer entre une observation et une conclusion tirée par induction. Voici, à titre d'exemple, une histoire qui permet de différencier ces deux habiletés.

Vous entendez une sirène à distance. Vous regardez autour de vous mais vous ne voyez pas de fumée. Cependant, le bruit de la sirène devient de plus en plus fort. Tout à coup, une ambulance passe à 300 mètres devant vous et se dirige vers la ville où est situé l'hôpital de votre région. «Ce n'est pas un feu, mais un accident », pensez-vous.

Parmi les énoncés suivants, identifiez ceux qui découlent d'une observation ainsi que ceux qui sont des conclusions tirées par induction.

- a) Il n'y a pas eu de feu ce jour-là.
- b) Il y eu un accident ce jour-là.
- c) L'ambulance s'en allait à l'hôpital.
- d) L'ambulance transportait un malade.
- e) L'intensité du bruit de la sirène variait.
- f) L'ambulance s'est approchée de vous puis s'est éloignée.

Seuls les deux derniers énoncés découlent d'une observation. Les quatre autres, qui peuvent être fondés ou non, sont des interprétations des observations de l'événement décrit ou encore des créations de l'esprit.

Créer des modèles

Interpréter les données entraîne toujours une explication quelconque. Même si les données disponibles ne sont pas complètes, le modèle mental développé doit être élaboré en fonction des données disponibles. Chaque fois que l'expérimentateur se dit «voici ce que signifient ces données », il est en train d'élaborer un modèle et de construire une représentation mentale.

En sciences de la nature, un modèle est une représentation qui peut se traduire par un schéma, un montage ou des agencements d'objets d'une partie, de l'univers qu'on perçoit uniquement par ses effets. Les scientifiques construisent des modèles des objets, des phénomènes et des événements et les étudient afin de se représenter la réalité qui n'est pas toujours directement accessible à leurs sens. Un modèle d'un objet concret serait un objet abstrait ou mental dont la description est considérée comme une description fidèle dudit objet concret. Il est possible d'agir sur un modèle pour voir les conséquences de cette action. Le modèle de l'interaction de la Terre, de la Lune et du Soleil est un modèle qui explique, par exemple, le jour et la nuit ainsi que les différentes phases de la Lune.

Nous pouvons définir la création de modèles comme une **opération qui consiste à élaborer, à partir des données obtenues, une représentation physique ou mentale dans le but de décrire, de prédire et d'expliquer une portion donnée de l'univers.**

Le modèle est une représentation simplifiée qui doit rendre compte le plus fidèlement possible des données obtenues. Il peut arriver que le modèle élaboré soit une simplification abusive. C'est pourquoi le modèle doit éviter de trop expliquer et se limiter à décrire les données disponibles.

Nous distinguons généralement deux grands types de modèles : les modèles concrets et les modèles abstraits ou symboliques.

- **Les modèles concrets**

Les modèles concrets essaient de décrire la structure, la composition ou les mécanismes de fonctionnement d'un objet, d'un phénomène ou d'un événement. Ce type de modèle, comme un schéma ou une maquette, cherche moins à expliquer les rapports entre les variables essentielles qu'à décrire.

Les modèles d'avions, de volcans, du coeur humain, du corps humain et de son système digestif sont des exemples de modèles concrets. En classe, ces modèles peuvent être construits à l'aide de papier, de pailles, de cure-dents, de pâte à modeler, de papier mâché, de carton, etc. Une carte géographique ou un globe terrestre où les différentes couleurs représentent les élévations des surfaces de la terre est un exemple d'un modèle concret un peu particulier. Il se situe à vrai dire entre le modèle concret et le modèle abstrait. Certains lui donnent le nom de modèle analogique. Ce type de modèle ne permet pas de prédire, comme le fera le modèle abstrait, mais sert surtout à décrire.

- **Les modèles abstraits ou symboliques**

Ces modèles tentent non seulement de décrire la réalité d'après les données dégagées mais essaient d'expliquer en détail les rapports entre les principales variables en cause.

La formule géométrique $S = B \times H$ est un modèle symbolique qui permet de trouver la surface d'un rectangle. Il est aussi possible de représenter le système solaire à l'aide de sphères et de cercles.

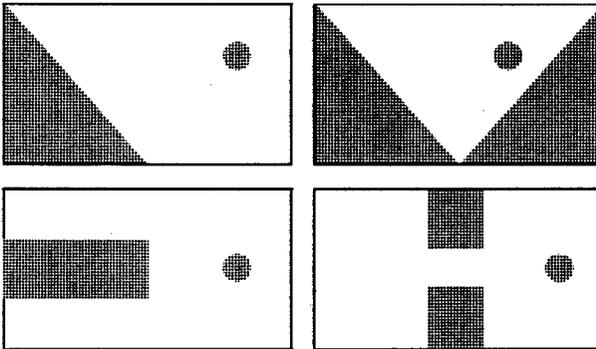
Par exemple, dans la théorie cinétique des gaz, les scientifiques représentent l'atome comme une petite boule de billard, c'est-à-dire qu'ils utilisent le modèle de Thomson pour expliquer le comportement des gaz. En d'autres circonstances, par exemple, pour expliquer certaines réactions

chimiques, il s'agira d'employer un modèle plus complexe de l'atome. Les ouvrages de sciences sont remplis de modèles de cristaux, de cellules ou de parties de l'anatomie des êtres vivants. Les vitamines furent d'abord proposées sous forme d'un modèle pour expliquer certains désordres de nutrition. Aujourd'hui, il est possible de synthétiser ce qui n'était hier encore qu'une création de l'esprit.

Au primaire, il y a création de modèles quand on essaie de déterminer, par exemple à l'aide d'une bille, la structure de l'intérieur d'une petite boîte en carton fermée. Pour élaborer ce modèle, il suffit de dessiner le schéma de la structure interne ou du labyrinthe de l'intérieur de celle-ci et ce, surtout à partir des sons obtenus en bougeant la boîte. Le dessin de la structure interne de cette boîte serait un modèle abstrait ou symbolique. Il serait également possible de construire, à l'aide de morceaux de carton, un modèle concret de la structure interne de cette boîte. Le modèle se construit à l'aide d'une suite d'étapes : *Observation* → *Hypothèse* → *Observation* → *Hypothèse* → *Observation* → *Modèle*.

Les quatre schémas ci-dessous représentent une bille dans une petite boîte scellée. Le but est de déterminer la structure interne de ces boîtes. Le modèle qui en découlera sera une création (induction) basée sur les observations perçues.

FIGURE 2.7
Quatre modèles d'une bille dans une boîte



Étant donné qu'on ne peut ouvrir ces boîtes, la seule façon d'obtenir de l'information sur leur structure interne est d'écouter les sons causés par le mouvement de la bille. Celle-ci frappe les obstacles sur son chemin, roule le long de surfaces, tombe quand une surface se dérobe sous elle, exerce une faible pression sur les parois de la boîte quand elle les frappe...

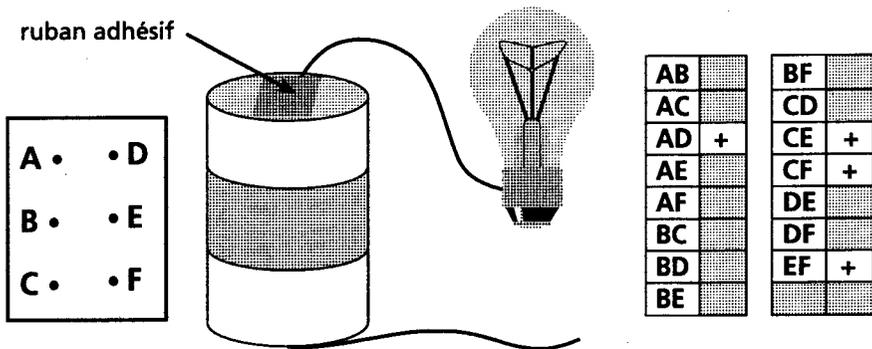
Les variations subtiles des sons et des pressions constituent ici la principale source d'information disponible. Ces variations de stimuli ou observations permettent d'inférer la structure interne de chaque boîte sans l'avoir vue.

Il en est de même dans la vie de tous les jours. On parle du courant électrique comme s'il s'agissait d'un objet concret et ce, sans qu'aucune personne n'ait jamais vu le courant électrique. On ne connaît à vrai dire le courant électrique que par les effets qu'il produit.

Un modèle abstrait ou symbolique peut être plus complexe que celui qui vient d'être présenté. L'expérience ci-dessous permet de déterminer (d'inférer par induction) la structure de quelque chose qu'on ne voit pas directement mais dont on ne perçoit que certains effets. Pour déterminer les effets (l'ampoule allume ou n'allume pas), il suffit, à l'aide d'une pile et de deux bouts de fil électrique dont l'un est fixé à une ampoule, de joindre à tour de rôle les points A à F du tableau d'inférence pour tenter de déterminer si et comment ces points sont reliés à l'aide de conducteurs cachés. Voici la surface extérieure d'un tableau d'inférence et un tableau des résultats (observations).

Le (+) indique que l'ampoule brille lorsqu'on relie, à l'aide d'un circuit ouvert, les points du tableau d'inférence.

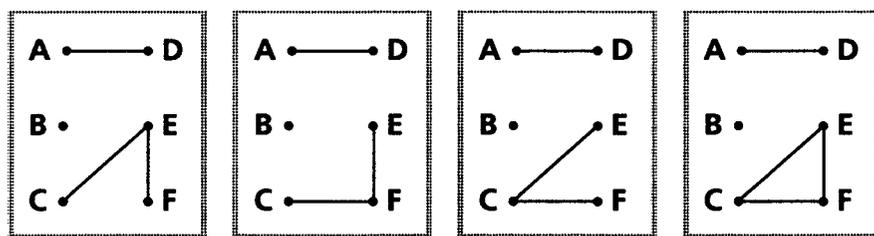
FIGURE 2.8
Tableau de résultats découlant de l'application des extrémités d'un circuit ouvert sur un réseau caché de connexions (tableau d'inférences)



Lors de l'étude de la représentation du réseau caché de connexions du tableau d'inférence, il est assez facile d'expliquer pourquoi l'ampoule brille lorsqu'on relie avec une pile les points A et D. Il y a de toute évidence un conducteur qui relie ces deux points ; conducteur qui permet au

courant de passer dans le circuit pour faire briller l'ampoule. Par contre, des difficultés surgissent quand on tente d'expliquer pourquoi l'ampoule brille chaque fois qu'on relie les points C et E, C et F et E et F. Quatre hypothèses permettent d'expliquer pourquoi l'ampoule brille. Il existe donc quatre modèles différents de la structure interne de ce tableau d'inférence, tous en concordance avec les données obtenues. Voici les schémas des quatre représentations possibles.

FIGURE 2.9
Représentation schématique de quatre modèles compatibles avec les données obtenues



Au primaire, la création de modèles est une habileté qui aura une portée limitée. Elle pourra se contenter de déterminer, à l'aide d'une bille, la structure d'un labyrinthe contenu dans une boîte fermée et de dessiner à l'aide des sons obtenus le schéma de l'intérieur de cette boîte ; de représenter la disposition des astres du système solaire ; de déterminer le fonctionnement d'un système de poulies ou engrenages contenus dans une boîte... Il sera aussi possible de construire des modèles de circuits électriques simples.

Les modèles sont utiles parce qu'ils peuvent suggérer de nouvelles expériences et permettent d'entrevoir de nouvelles relations entre des aspects du monde naturel. Les modèles aident aussi à prédire. Il est possible, à partir d'une bonne connaissance du système solaire, de prédire ce que pourrait être le système solaire d'une autre galaxie. Les modèles peuvent faciliter l'apprentissage et la rétention, car ils sont des simplifications de la réalité observée ou mesurée. Ils permettent aussi de voir un phénomène dans une perspective plus globale et générale.

Les modèles sont rarement parfaits. Un de leurs défauts est qu'ils représentent souvent imparfaitement la «réalité». De plus, le modèle est souvent confondu avec la réalité, ce qui entraîne des généralisations abusives. Parfois aussi, nous devenons si attachés à certains modèles que nous déformons ce que nous voyons. On n'a qu'à penser aux conséquences d'un modèle qui décrirait la Terre comme une surface plate.

Prédire

La prédiction est une opération qui consiste à utiliser les connaissances du passé se rapportant à un objet, à un phénomène ou à un événement pour déterminer comment, dans des conditions précises, se comporterait cet objet, ce phénomène ou cet événement dans l'avenir. Elle permet aussi d'anticiper ce que nous pourrions observer dans certaines conditions. Le but de toute entreprise scientifique est de permettre de prédire en se référant à certains principes ou lois. Ainsi, toute «prévision» non basée sur les données du passé est plutôt une devinette qu'une prédiction. Un pronostic basé sur l'intuition n'est pas une prédiction mais peut servir d'hypothèse. La prédiction repose sur le postulat que la nature n'est pas capricieuse et que, dans des conditions précises, chaque fois les mêmes, elle se comportera d'une façon donnée.

Nous pouvons définir la prédiction comme une **opération qui consiste à anticiper l'avenir à partir de données obtenues antérieurement et de conclusions déjà dégagées de celles-ci.**

La justesse des prédictions est fonction de la précision des données obtenues, de la spécificité des représentations (concepts, principes ou lois) dégagées et de la pertinence des modèles élaborés. La justesse d'une prédiction est également fonction d'une bonne connaissance des conditions expérimentales dans lesquelles celle-ci a été réalisée. Il est possible, par exemple, de prévoir le temps que prendra 9 centimètres d'eau à s'évaporer si on sait que l'eau s'évapore à raison de 2 centimètres par jour dans certaines conditions (température entre 20 °C et 27 °C, l'eau placée dans une boîte de conserve ayant un diamètre de 10 centimètres).

Nous avons vu que toute «prévision» qui n'est pas basée sur des données du passé est une devinette et non une prédiction. Vouloir dire à l'avance comment se comportera un essaim d'abeilles sans connaître ni avoir étudié les abeilles serait une devinette. Par contre, un apiculteur expérimenté sera plus en mesure de prédire le comportement des abeilles qui abandonnent durant l'été la ruche surpeuplée pour fonder une nouvelle ruche.

Nous distinguons souvent deux grands types de prédiction : les prédictions à partir de données et les prédictions à partir de concepts, de lois ou de théories.

- **Les prédictions à partir de données**

Ce type de prédiction découle de l'interprétation de données relevées dans des tableaux et des graphiques.

La prédiction faite à partir d'un graphique ou d'un tableau se réalise par interpolation ou par extrapolation. L'interpolation est

une prédiction entre les données dégagées de l'expérience. Par exemple, si on connaît les variations du volume d'un gaz à des températures entre 10 °C et 100 °C, il est possible de prédire par interpolation son volume à 15 °C en se basant sur la connaissance de son volume à 10 °C et à 20 °C. Il sera aussi possible de prédire à l'aide de ces données son volume à 5 °C et à 115 °C. Ces prédictions sont des extrapolations, car elles se situent à l'extérieur des données déjà obtenues. Les prédictions par extrapolation donnent des valeurs qui sont moins certaines que celles obtenues par interpolation.

- **Prédictions à partir de concepts, de lois ou de théories**

Ce type de prédiction est en fait une inférence de type déductif.

La prédiction à partir de concepts, de lois ou de théories scientifiques se fait par déduction, c'est-à-dire par l'application d'un principe général à un cas particulier. Les déductions ou conséquences qui découlent d'une loi, si elles sont vraies, servent à vérifier ou à prouver cette loi. Par exemple, si tous les cas particuliers ou applications qui découlent du principe de conservation de l'énergie se réalisent, cela ne fait que renforcer ce principe et le rendre encore plus universel.

Une prédiction ressemble aussi à une hypothèse, en ce sens que les deux doivent être vérifiées. L'hypothèse, souvent basée sur un petit nombre de données ou parfois formulée intuitivement, est énoncée dans le but d'être vérifiée par l'observation ou l'expérience. Si elle n'est pas rejetée, elle pourra devenir un principe et une loi scientifique et ainsi s'incorporer à la structure conceptuelle des sciences de la nature. La prédiction, elle, se situe vers la fin de la démarche scientifique, car elle présuppose l'existence de données et prend appui sur une conclusion.

Vérifier

La vérification est un moyen dont se servent les scientifiques pour contrôler, par l'observation et l'expérimentation, leurs suppositions, leurs croyances, leurs constats, leurs prédictions, leurs hypothèses, leurs inférences et leurs modèles.

Nous pouvons définir la vérification comme une **opération qui tente d'obtenir des données pour confirmer ou infirmer une prédiction, une inférence, une hypothèse ou un modèle.**

La vérification peut être limitée ou étendue. Elle est limitée lorsqu'on se contente de savoir si une prédiction est valable. Dans ce cas, on

pourra vérifier si une extrapolation ou une interpolation est juste. Il est possible, par exemple, de prédire le nombre d'oscillations que donnera un pendule de 10 centimètres de long en 10 secondes à partir d'un graphique qui trace la longueur des pendules en fonction du nombre d'oscillations qu'ils donnent. Il est aussi possible, à partir d'un tableau de données, de prédire l'heure du lever et du coucher du soleil et de vérifier cette prédiction. Il suffit que ces données aient été obtenues à la même latitude que celui qui prédit.

La vérification est étendue lorsqu'on essaie d'étendre à tous les cas possibles une conclusion qu'on vient d'inférer. Il s'agit de savoir, par exemple, si la relation entre la longueur et le nombre d'oscillations d'un pendule est valable pour tous les pendules.

La vérification exige souvent la réalisation d'une expérience afin de s'assurer de la validité des données ou d'une conclusion.

Communiquer

Présente à toutes les étapes de la démarche scientifique, la communication est une habileté qu'on doit tenter de développer dans la pédagogie des sciences de la nature au primaire. Au premier cycle du primaire, il faut surtout mettre l'accent sur la communication verbale et picturale. S'ajoute ensuite la communication écrite au deuxième cycle du primaire. Les enfants ont besoin de temps et de pratique pour développer cette habileté et la maîtriser de façon articulée. Les manuels scolaires incitent l'élève à répéter plutôt qu'à interpréter, associer et appliquer ce qui est appris et ne favorisent pas ainsi la communication chez les élèves. Il serait souhaitable qu'à la suite d'une expérience, les élèves expriment leurs impressions sur l'expérience vécue, la démarche utilisée et les connaissances acquises. Il faut également encourager les élèves à utiliser les mots justes pour présenter et décrire la démarche expérimentale et les conclusions tirées. En résumé, la communication est un compte rendu des données recueillies et des conclusions tirées au cours d'une expérience et fait partie intégrante de l'apprentissage. Elle est le prolongement ou l'aboutissement de plusieurs autres habiletés de la démarche scientifique.

Nous pouvons définir la communication en sciences de la nature **comme une opération qui consiste à transmettre de l'information sous diverses formes (orale, écrite, picturale et numérique).**

Souvent, les enfants dessinent des objets et élaborent des montages pour représenter ce qu'ils souhaitent communiquer. Afin d'aider les élèves à représenter leurs idées, il est aussi possible de leur faire découper certaines illustrations ou leur présenter des modèles simples.

Il est important de fournir aux élèves des occasions de développer leur habileté à communiquer, oralement et par écrit, leurs idées, leurs sentiments, leurs réactions, les résultats d'une expérience, etc. Il peut s'agir de présentations orales devant la classe ou encore de montages sur cassettes sonores ou cassettes vidéo. Les textes ou les présentations écrites sont également une façon pour les élèves de communiquer leurs résultats et leurs idées. Les séances de consolidation des apprentissages à la fin des activités permettent de faire la synthèse des apprentissages réalisés et sont souvent des occasions pour les élèves de communiquer aux autres leurs idées et de poser les questions.

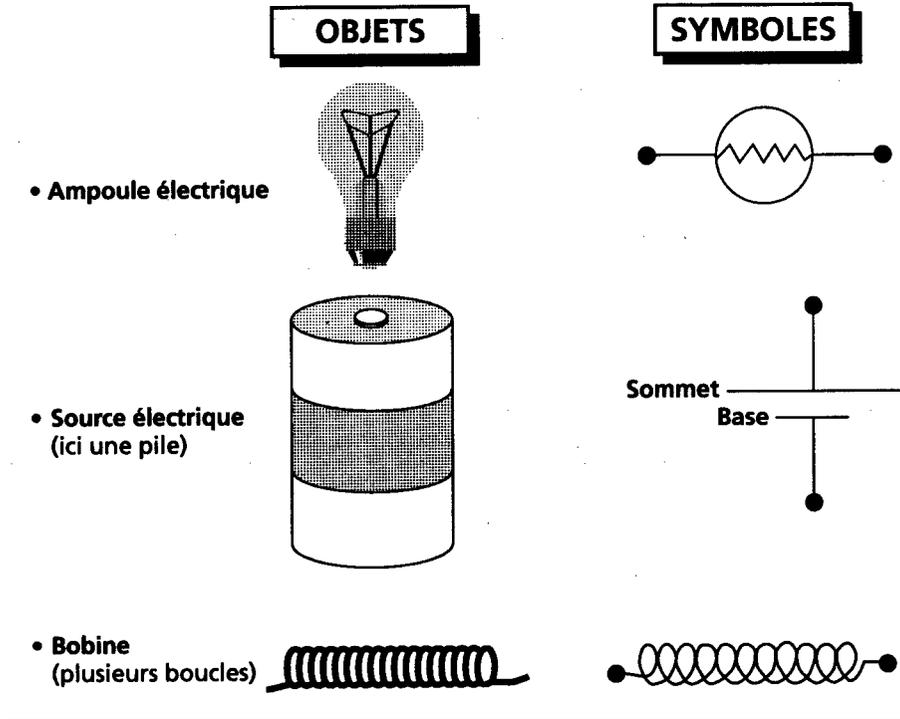
En communiquant, les élèves sont souvent appelés à décrire les propriétés des objets, des phénomènes et des événements. Par exemple, ils ont parfois à faire état de divers changements (de couleur, de forme, de texture, de tonalité, de longueur, de surface, de grosseur) à mettre en ordre des changements observés (chez une plante), à décrire l'ordre dans lequel les divers aspects d'une expérience se sont déroulés. Toutes ces activités sont autant d'occasions pour l'élève de développer un vocabulaire à la fois large et précis. De plus, la communication est parfois le point de départ d'autres activités scientifiques.

La communication peut prendre plusieurs formes : l'exposé, la description qualitative ou quantitative, le tableau, le graphique et le dessin n'en sont que quelques exemples. La représentation à l'échelle et la représentation graphique ont l'avantage de comporter moins de symboles que la communication écrite et sont des moyens efficaces pour communiquer des résultats obtenus. La représentation à l'échelle montre un objet ou un phénomène en plus petit ou en plus grand et ce, en respectant les proportions de cet objet ou de ce phénomène. La carte géographique est un exemple de représentation à l'échelle.

L'utilisation de symboles dans les graphiques et les schémas pour représenter des valeurs, variables ou facteurs vise à simplifier la complexité de la réalité ou à permettre la manipulation symbolique de ces valeurs ou variables à l'aide de la mathématique. Les symboles ont l'avantage de simplifier la représentation des savoirs scientifiques en éliminant toutes les propriétés des objets, des phénomènes ou des événements qui n'ont pas d'influence sur les variables analysées. Par exemple, un trait vertical ou une coche dans un tableau peut représenter l'observation ou la présence d'une valeur ou une personne. Une croix sur une surface peut représenter les arbres d'une espèce tandis qu'un cercle peut représenter une autre espèce. Le symbole représentant la température en degrés Celsius est °C. Un petit cercle coiffé d'une flèche représente le sexe masculin et peut s'appliquer à un animal ou à une plante, tandis qu'une croix suspendue à un petit cercle représente le sexe féminin. La chimie utilise de nombreux symboles pour représenter les divers éléments de la nature.

Voici quelques symboles utilisés pour représenter certains objets ou phénomènes des circuits électriques.

FIGURE 2.10
Quelques exemples d'utilisation de symboles en électricité



LES HABILITÉS MANUELLES OU DE LABORATOIRE

La structure méthodologique des sciences de la nature ne se limite pas qu'aux habiletés scientifiques. Les habiletés manuelles ou de laboratoire revêtent également une très grande importance dans l'enseignement des sciences de la nature au primaire. Les habiletés scientifiques, nous l'avons vu précédemment, sont des opérations intellectuelles qui peuvent être considérées comme des connaissances au même titre que les savoirs scientifiques. Par exemple, pour démontrer qu'on comprend bien la mesure, il ne suffit pas de pouvoir comparer une longueur à une unité étalon. La mesure est d'abord une habileté intellectuelle. Elle est donc

beaucoup plus qu'une comparaison de deux longueurs entre elles et exige de la part de l'élève une conceptualisation de ses caractéristiques fondamentales de la mesure ainsi qu'une compréhension de sa nature véritable. Pour que la mesure soit valide, l'élève doit savoir, par exemple, dans quelles conditions elle devra s'effectuer.

L'habileté manuelle, par contre, est plus «manipulatoire» qu'intellectuelle. Elle exige de la coordination et de l'adresse. Dans ce contexte, la mesure devient une habileté simple de superposition de deux longueurs. La construction d'un appareil de mesure non conventionnel peut exiger, en plus d'une compréhension des caractéristiques de la mesure, une certaine habileté manuelle ou une dextérité tactile. Les habiletés manuelles nécessitent des gestes tels que la superposition, la juxtaposition, le déplacement, le versement, la rotation, la transposition, le soulèvement... Tout enseignement des sciences basé sur la manipulation d'objets ou demandant l'investigation de l'élève exige donc le développement d'habiletés manuelles ou de laboratoire (voir le tableau 2.4).

TABLEAU 2.4
Quelques habiletés manuelles ou de laboratoire
de la structure méthodologique des sciences de la nature

**Opérations liées
à la manipulation
d'objets concrets**

- Mesure le temps
- Mesure des longueurs
- Mesure des surfaces
- Mesure le volume de liquides
- Mesure le volume de solides
- Mesure la densité de substances
- Mesure la dureté relative de solides
- Mesure la viscosité de liquides
- Calibre des instruments de mesure
- Fabrique des montages
- Fabrique des appareils
- Utilise une balance à plateau
- Utilise une balance à fléau
- Utilise une boussole
- Utilise une loupe
- Utilise un microscope
- Utilise un compte-gouttes
- Utilise un rapporteur
- Utilise un thermomètre

LES ATTITUDES ET LES VALEURS SCIENTIFIQUES

L'apprentissage des sciences de la nature au primaire ne saurait demeurer une activité purement intellectuelle. Les principes et les concepts dégagés (les savoirs), les habiletés scientifiques et manuelles (les savoir-faire) développées au cours d'investigations en sciences de la nature exigent un engagement personnel des élèves du primaire.

Nous croyons que l'enseignement des sciences de la nature doit chercher à favoriser chez l'élève un certain nombre d'attitudes générales qui se développeront tout au long de son apprentissage des sciences de la nature. Cet enseignement doit également chercher à renforcer et à développer des valeurs humaines qui prennent forme dans l'apprentissage de cette matière.

Les enfants ne naissent pas en pleine possession d'un système de valeurs et d'attitudes positives envers les sciences. Les attitudes et les valeurs ne sont pas innées. Elles se développent plutôt grâce à l'expérience et tout au long de la vie au contact des êtres humains. Les attitudes et les valeurs créent chez l'apprenant des dispositions positives ou négatives envers ce qui est à apprendre. Certaines attitudes (ex. : la curiosité et la persévérance) sont plus émotives tandis que d'autres (ex. : le désir d'obtenir des données fiables, la volonté de suspendre son jugement avant d'avoir toute l'information) sont plus intellectuelles.

Certaines attitudes et valeurs peuvent émerger de l'apprentissage et de la pratique des sciences de la nature. L'autonomie intellectuelle, la curiosité, la participation, la coopération, l'esprit critique, la prudence dans les conclusions, l'initiative, le désir de comprendre, l'ouverture à la nouveauté, la persévérance, le questionnement, la minutie, la créativité sont des éléments qui résument assez bien les attitudes et les valeurs positives en sciences de la nature. On pourrait ajouter à cette liste certains aspects : le respect de l'héritage scientifique, la volonté de résoudre systématiquement des problèmes, le respect de la logique des faits, le respect de la nature et de son environnement, la conservation des ressources naturelles, la poursuite de l'excellence et du travail bien fait, la recherche d'une discipline personnelle, la volonté de vérité, l'honnêteté intellectuelle, la responsabilité, la préservation de la santé et le partage des ressources.

TABLEAU 2.5

Différents comportements souhaitables qui découlent d'attitudes et de valeurs positives envers les sciences

Durant une investigation en sciences de la nature, l'élève :

- pose des questions ;
 - garde un esprit ouvert envers les faits nouveaux ;
 - retient un fait qui contredit l'acquis ;
 - cherche des réponses en accord avec les faits ;
 - fait preuve de persévérance et manifeste l'envie de connaître ;
 - tente de se dégager de certaines activités répétitives ;
 - prend plaisir à expérimenter ;
 - tente de trouver des solutions et des explications nouvelles ;
 - n'a pas peur de se tromper ;
 - cherche à vérifier chaque fois qu'il y a un doute ;
 - est capable de concevoir des solutions différentes à un problème ;
 - pense pouvoir trouver par lui-même une nouvelle solution ;
 - décide par lui-même au lieu d'attendre qu'on lui dise quoi faire ;
 - cherche à résoudre un problème ; fait preuve d'initiative ;
 - accepte de remettre en cause sa pensée en considérant des faits nouveaux ;
 - cherche à vérifier avant de généraliser ;
 - cherche à obtenir le plus d'information possible avant de conclure ;
 - exige des preuves avant de changer d'opinion ;
 - est capable de passer de l'intention à l'acte ;
 - est capable, malgré les difficultés, de mener à terme une investigation ;
 - cherche à mettre en application ses connaissances ;
 - est capable de discuter avec les autres et de tenir compte de leur opinion ;
 - est capable de participer activement à la réalisation d'une expérience ;
 - est capable de coopérer ;
 - a le souci de la préservation de la vie sous toutes ses formes ;
 - est capable d'être modeste envers ses conclusions.
-

Le tableau 2.5 présente certains comportements souhaitables dans une investigation en sciences de la nature. Ces comportements reposent sur des attitudes et des valeurs qui viennent compléter la démarche scientifique présentée à la figure 1.3 du chapitre précédent et forment l'essentiel de la structure attitudinale et axiologique des sciences de la nature.

BIBLIOGRAPHIE

Glaser, Robert (1968). « Concept Learning and Concept Teaching », dans *Learning Research and School Subjects*, édité par Robert M. Gagné et William J. Gephart, Itasca, Illinois, P.E. Reacock Publishers Inc.

CHAPITRE

3

Les raisons d'être des sciences de la nature au primaire

*Le but de l'éducation, et le principal, est de créer des hommes
qui fassent quelque chose de nouveau, qui ne répètent pas
simplement ce que les générations antérieures ont déjà établi.*

*Le but de l'éducation, c'est de créer des hommes inventeurs,
créateurs, découvreurs et ceci n'est pas simple.*

*Un second but de l'éducation qui est corrélatif du premier,
c'est de former des esprits qui soient capables de critiquer, de contrôler,
qui n'acceptent pas tout. Le plus grand danger dans la civilisation actuelle,
c'est d'accepter des slogans, des opinions collectives, de suivre.*

*Plus la société augmente en volume et en densité,
plus il est tentant de suivre les courants déjà tout faits.*

*Ce qu'il faut former, ce sont des individus capables
de résister individuellement, de faire des critiques des idées
qu'on propose et de chercher des preuves ; de distinguer ce qui est prouvé
de ce qui n'est pas prouvé,
mais qui est simplement une opinion collective.*

(Jean Piaget, 1964)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Qu'est-ce qu'on entend par civilisation, culture générale et éducation ? Quels sont les liens entre ces concepts ?
- Quelles relations y a-t-il entre la culture générale et la culture scientifique ?
- Quelles sont les principales raisons pour lesquelles il est important d'enseigner les sciences de la nature au primaire ?
- Quels sont les principaux buts de l'enseignement des sciences de la nature au primaire ?
- Quels sont les effets possibles de l'enseignement des sciences de la nature sur les autres matières enseignées au primaire ?

INTRODUCTION

L'éducation est une réalité que tout le monde croit comprendre et un domaine où chacun se croit compétent. C'est un concept que chaque génération et chaque école de pensée veulent redéfinir à leur façon. Les différents sens que chacun donne au terme « éducation » reposent sur différentes réalités, à un point tel qu'il devient difficile, dans une discussion scientifique, de se servir de ce vocable sans l'avoir préalablement défini. À vrai dire, le concept d'éducation est si complexe, que beaucoup de professionnels de l'enseignement ou de l'administration de l'éducation ont de la difficulté à en identifier les principales caractéristiques.

Vouloir intervenir à fond dans le domaine de l'enseignement des sciences de la nature sans définir au préalable ce qu'est l'éducation, c'est suggérer des solutions sans avoir une vision d'ensemble du domaine considéré. Même si la tâche est ardue et qu'elle a découragé de plus habiles que nous, nous ne pouvons faire autrement que tenter de proposer une définition de l'éducation. Peu de termes sont aussi riches de sens, aussi lourds d'implications et aussi chargés de sous-entendus que ne l'est celui de l'« éducation ». C'est un concept qui a un urgent besoin de clarification.

La civilisation est un concept qu'il faut comprendre pour mieux élucider celui de l'éducation. On appelle civilisation l'ensemble des traits propres à une société historique plus ou moins large qui portent la marque d'une intervention humaine. Ces traits distinctifs ou acquis historiques peuvent être matériels, moraux, socio-économiques, artistiques, techniques, scientifiques, spirituels ou politiques. La civilisation est l'empreinte que l'être humain laisse en place pour la génération suivante, empreinte formée de faits historiques, de créations artistiques, de découvertes scientifiques, de réalisations techniques et de spéculations philosophiques.

La civilisation est donc une accumulation ou un patrimoine. C'est aussi l'ensemble des rapports particuliers que les hommes et les femmes entretiennent avec leur environnement. L'apport continu de chaque génération fait de la civilisation un ensemble non statique. Chaque génération réinterprète ce patrimoine en donnant plus d'importance à certains aspects qu'à d'autres. La civilisation, c'est la culture totale d'une société ou le champ culturel d'un groupe social.

Dans une perspective anthropologique, la finalité première de l'éducation, qu'elle soit scolaire ou non scolaire, est l'enculturation de chaque enfant, c'est-à-dire l'assimilation par l'enfant des connaissances et des valeurs fondamentales du groupe social auquel il appartient. C'est donc aux adultes de chaque société de choisir et de faire la promotion des meilleures traditions de leur civilisation.

La culture est aussi un concept qu'il faut comprendre avant d'aborder celui de l'éducation. La culture, c'est **l'ensemble des apprentissages qui font qu'une personne est capable de regarder de plusieurs points de vue la civilisation à laquelle elle appartient et la société dans laquelle elle vit, qu'elle est capable de les comprendre et de se situer par rapport à eux et qu'elle est en mesure de les apprécier, de les juger, de les critiquer et d'en tirer parti.** Les apprentissages, qui forment la culture d'une personne, peuvent être intellectuels, techniques, moraux, spirituels, affectifs, artistiques ou moteurs.

Cette définition montre que la culture n'est pas un savoir, ni une haute spécialisation. La culture n'est pas non plus synonyme d'érudition, ni de moyens d'évasion. Ce n'est pas une source d'agrément ou de snobisme. En fait, la culture se réfère aux manières de penser d'une personne et aux façons qu'elle a de se comporter en société.

La culture est une prise de conscience par une personne des diverses réalités du champ culturel dans lequel elle vit. Elle est le fruit de la réflexion d'une personne qui cherche à comprendre son environnement en le regardant de différents points de vue. La culture d'une personne est donc proportionnelle à la quantité de catégories intellectuelles dont elle dispose pour saisir, analyser, synthétiser, juger et critiquer son environnement. Pour une personne, être cultivé, c'est avoir développé la capacité de se situer et de se réaliser par rapport à son milieu ; c'est être capable de tirer parti de son champ culturel pour vivre de nouvelles situations ; c'est avoir assimilé les aspects fondamentaux de la civilisation ou de la culture totale dans laquelle elle vit ; c'est avoir développé un jugement critique du champ culturel dans lequel elle baigne ; c'est être capable d'évaluer les réalités qui forment sa civilisation et d'élargir son champ de curiosité et de réflexion ; c'est être capable de modifier continuellement ses points d'observation de la réalité culturelle dans laquelle elle vit. Peut-être est-ce le propre de la personne cultivée que de se rendre compte qu'il lui reste toujours quelque chose à apprendre, qu'elle ne sera jamais en mesure de formuler de réponse définitive à une question.

C'est principalement à l'école et par la lecture qu'on se cultive et ce, même si les chemins sont nombreux et variés. « Pour être cultivé, il faut avoir assimilé, consciemment ou inconsciemment, tout l'apport séculaire de la civilisation, tout ce que la tradition des siècles antérieurs a donné à l'homme. Cette assimilation peut se faire par la lecture, par l'enseignement, par la conversation, par une espèce d'osmose, en respirant dans un certain climat ; de la même manière que l'enfant est formé par l'atmosphère familiale et par les conversations qu'il entend à la table de famille, l'homme appartenant à une civilisation est formé par l'air même qu'il respire, par les maîtres qu'il a, par les amis qu'il rencontre... » (Siegfried, 1965)

En un mot, la culture d'une personne est essentiellement le résultat de l'effort de cette personne. La culture se manifeste de plusieurs façons : le souci de comprendre, le souci de cohérence ou d'unité de pensée et de comportement, le souci de valeurs à hiérarchiser et le souci de situer les uns par rapport aux autres les divers éléments d'un ensemble de savoirs.

Au fil des ans, **l'éducation** a connu bien des définitions. L'étymologie suggère qu'éduquer, c'est : «conduire d'un état à un autre», «modifier l'apprenant dans un sens déterminé » ou encore « faire sortir quelqu'un de son état actuel ». Toutes ces définitions montrent que l'éducation est un processus orienté vers un but. L'éducation serait donc, selon ces définitions, un processus permettant de passer et surtout de faire passer quelqu'un d'un état à un autre. Elle viserait à élever l'apprenant de son état présent vers un état meilleur. L'éducation prend alors le sens d'action prédéterminée et d'action systématique qu'on exerce sur un autre être humain dans le but de l'amener à atteindre un but préalablement fixé. Nous retrouvons ainsi dans ces définitions étymologiques de l'éducation la notion de développement guidé par un idéal concerté. Ces définitions indiquent aussi que l'éducation est souvent une activité qui exige un effort de la part de l'apprenant.

Ces définitions étymologiques sous-entendent que l'éducation est non seulement un processus mais également un produit, c'est-à-dire l'effet ou le résultat d'un processus éducatif (ex. : avoir reçu une bonne éducation ; avoir reçu une éducation large, complète ou de qualité). L'éducation est non seulement un cheminement suivi par quelqu'un voulant passer mentalement ou affectivement d'un point A au point B, mais aussi l'état d'esprit dans lequel il se retrouve après avoir parcouru ce chemin.

L'éducation est, selon nous, non seulement un phénomène de transmission de connaissances, mais surtout la prise en charge d'une personne par elle-même. Elle est auto-éducation. Elle est la libération de la personne qui s'oppose à certaines normes imposées par l'ensemble. Elle est l'épanouissement volontaire d'une personne tout au long d'une vie et le développement conscient d'aptitudes en capacités. L'éducation, c'est ce qui résulte lorsque la personne « se construit, ou du moins se corrige, selon un archétype idéal qui lui fournit sa civilisation, c'est-à-dire son intelligence exercée et enrichie». (Simon, 1968)

Toutes ces définitions de l'éducation contiennent un élément commun : que l'éducation est à la fois un processus guidé vers une finalité, un produit ou un résultat.

L'éducation peut donc être définie comme :

- ◇ **«un processus... :** une action, une tâche, une pratique, une méthode, une démarche, un ensemble de moyens, une suite d'opérations, une stratégie, un cheminement, une façon d'acquérir... ;

- ◇ **... dont la finalité est déterminée, soit par les générations adultes, soit par une personne agissant sur elle-même...** : les générations adultes, les aînés, par le milieu social et politique, par les générations précédentes, par ceux parvenus à maturité ou qui savent... ;
- ◇ **... et qui vise à produire sur l'apprenant ou sur la personne elle-même...** : dans une direction, vers une destination, dans un sens déterminé, d'un état à un autre, vers un changement, vers une conduite, vers un but, vers le progrès... ;
- ◇ **... des effets souhaités** : le sens de l'observation, l'imagination, le jugement, l'esprit critique, l'autonomie, une formation, l'instruction, la pensée logique, des qualités morales, des habiletés intellectuelles, des habiletés physiques, l'adaptation sociale, des manières d'être, des moeurs, des savoirs, des savoir-faire, des savoir-vivre, des savoir-être, des valeurs, des connaissances, de la créativité, des habitudes, des attitudes, la capacité de résoudre des problèmes, une discipline, la réalisation de soi, la curiosité, l'épanouissement des potentialités, la préparation à la vie, toute la perfection dont une personne est susceptible, une conscience, l'épanouissement de la personnalité, la responsabilité, l'autosuffisance, une vision, etc.

Cette longue énumération, loin d'être exhaustive, est un indice de la complexité des éléments en présence. Elle nous laisse entrevoir les divergences d'opinions possibles. Quelles doivent être les finalités de l'éducation ? Qui doit décider des finalités ? Est-ce que, l'éducation est surtout un phénomène social ou individuel ? Faut-il accorder plus d'importance au processus éducatif ou aux effets de ce processus ? Quelle doit être la part de l'enculturation et de l'émancipation dans l'éducation d'une personne ? Le rôle de l'école est-il d'ouvrir l'appétit des élèves ou est-il de sélectionner les meilleurs de ceux-ci pour répondre aux besoins de la société ? En d'autres mots, faut-il que l'école soit de connivence avec l'élève ou plutôt avec la société ?

D'après ces longues énumérations, l'éducation est «un processus dont la finalité est déterminée, soit par les générations adultes, soit par une personne agissant sur elle-même et qui vise à produire sur l'apprenant ou sur la personne des effets souhaités ».

Cette définition, très acceptable à bien des égards, demeure incomplète, car elle ne fait pas mention des modes d'initiation, de transmission ou d'acquisition qui seraient moralement acceptables dans le processus éducatif. L'éducation, sous peine de perdre sa véritable signification, doit s'efforcer de faire de l'apprenant un être qui comprend ce qu'il a assimilé et qui, de ce fait, est conscient de ce qu'il a appris. Il faut

donc que les modes d'initiation soient autre chose qu'un simple dressage ou une forme d'entraînement.

En dernière analyse, il semble qu'il faille se résoudre à l'impossibilité de trouver une définition unique de l'éducation. C'est pourquoi nous allons en proposer trois, qui bien que distinctes, se complètent l'une l'autre. Inspirées de l'œuvre de Peters, ces définitions ne prétendent pas être universelles, ni d'une application générale mais sont utiles dans le cadre de notre étude.

Premièrement, d'un point de vue social, l'éducation est **une action délibérée, plus ou moins concertée, soutenue et systématique que la société exerce sur une personne dans le but de lui faire acquérir, par des modes d'initiation jugés moralement acceptables, une compréhension la plus large possible de certains traits culturels souhaités ou du moins tolérés par cette société.**

Deuxièmement, d'un point de vue individuel, l'éducation est **l'action délibérée plus ou moins soutenue et systématique qu'une personne exerce sur elle-même en vue d'acquérir une compréhension la plus large possible de certains traits culturels considérés par elle et par la société dans laquelle elle vit comme ayant une valeur.**

L'expression les «traits culturels» des deux définitions précédentes se réfère à la modification de comportements et à l'acquisition d'une compréhension large de savoirs, de savoir-faire, de modes de voir, de penser, d'agir et de vivre.

Troisièmement, l'éducation est **non seulement comme les deux premières, une action délibérée mais aussi le résultat, le produit ou l'effet de ces actions délibérées tant individuelles que collectives.**

Ces trois définitions montrent que l'éducation est à la fois un processus et le résultat de ce processus, c'est-à-dire un produit, un aboutissement, un fruit. Un processus pour nous est une suite d'actions ou une succession d'étapes mentales ou physiques présentant une certaine unité ou se reproduisant avec une certaine régularité en vue de produire un effet et un résultat quelconque. Le processus éducatif peut avoir deux sens différents. Pris dans un premier sens, il est généralement synonyme de l'ensemble des moyens, des modes d'initiation, des interventions et des influences délibérées que la société exerce sur une personne afin de lui faire acquérir certains traits culturels. Dans ce sens, les actions exercées sur la personne viennent de l'extérieur, car c'est la société qui agit sur la personne. Pris dans un deuxième sens le processus est synonyme de cheminement personnel que s'impose une personne dans le but d'atteindre une finalité quelconque. Au cours de ce cheminement, la personne change continuellement, d'une part, parce qu'elle acquiert une

compréhension plus large de certains savoirs et savoir-faire et, d'autre part, parce que cette compréhension modifie la perception qu'elle a de la finalité initiale. C'est pourquoi on peut considérer l'éducation à la fois d'un point de vue collectif ou social et d'un point de vue individuel.

En résumé, l'éducation est un rite initiatique que la société impose à la jeune génération en même temps qu'elle est un idéal valable que s'impose une personne. Dans les deux cas, être éduqué ne signifie pas être arrivé à une destination, mais signifie que la personne éduquée voyage avec une vision différente des choses et du monde.

LES RAISONS D'ÊTRE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Tout programme de sciences doit répondre à deux questions fondamentales.

- ◇ Que devrait connaître l'élève à la fin de ce programme ?
- ◇ Pourquoi est-il important que l'élève apprenne ce que propose ce programme ?

Le «que devrait connaître peut être résumé par trois grandes catégories d'objectifs qui découlent de la nature même des sciences :

- ◇ acquérir un savoir scientifique (faits, concepts, lois et théories) ;
- ◇ apprendre la démarche des sciences de la nature (habiletés, attitudes et valeurs) ;
- ◇ comprendre à quoi servent les connaissances scientifiques apprises (applications des savoirs, développement technologique et les effets des sciences sur la société).

Mais pourquoi est-il important que les élèves apprennent ce que proposent ces trois catégories d'objectifs ? Les réponses sont multiples. Nous allons donc résumer notre pensée sur le sujet en regroupant les divers éléments de notre réponse en quatre grandes catégories. Les raisons de l'apprentissage des sciences de la nature au primaire, comme toutes les autres matières, sont de contribuer au développement général de la personne, à la formation du citoyen, à la formation du travailleur et, dans un petit nombre de cas, à former le scientifique de carrière.

Ces quatre raisons partent du fait que les êtres humains constituent la richesse naturelle la plus importante de toute collectivité. Chaque cerveau est un bien précieux qu'on ne peut se permettre de gaspiller et qu'il faut développer au maximum. Les ressources humaines constituent les

seules véritables ressources d'un pays. Ainsi, une école qui ne prépare pas l'élève à apprendre par lui-même n'aura pas atteint son but. C'est pourquoi il faut assurer à la très grande majorité des enfants une formation minimale qui lui permettra de participer à l'économie moderne et à la vie sociale. L'obligation la plus urgente de chaque génération d'adultes est donc l'éducation de la génération montante.

L'apprentissage des sciences de la nature est important parce qu'il favorise :

- ◇ le développement général de la personne (aide à former l'individu) ;
- ◇ le développement du citoyen responsable (aide à former le citoyen) ;
- ◇ la formation d'une main-d'œuvre compétente et mobile (aide à former le travailleur) ;
- ◇ le développement de scientifiques de carrière (aide à former le futur scientifique).

Le développement général de la personne

Le cerveau d'une personne, nous venons de le mentionner, est son bien le plus précieux. C'est ce qui distingue les êtres humains du reste de l'univers. L'école a le rôle et la responsabilité de développer au maximum les capacités cognitives de chaque élève qui lui est confié. Certains pédagogues de l'enseignement des sciences, dont nous sommes, croient que l'apprentissage des sciences de la nature développe chez l'élève des habiletés intellectuelles et des attitudes que les autres matières ne peuvent aussi bien développer. L'acquisition de la capacité d'observer correctement, de préparer et de réaliser des expériences ainsi que la capacité d'inférer et de vérifier ses inférences ne sont que quelques exemples d'habiletés que développent, plus que toute autre matière, les sciences de la nature. L'apprentissage des sciences incite aussi l'élève à faire preuve de réalisme, car il oblige continuellement l'apprenant à confronter ses idées à la réalité concrète. L'enseignement des sciences, lorsqu'il respecte la nature même de cette matière, fournit aux élèves une expérience de première main ; expérience que permettent peu d'autres matières. Les sciences de la nature favorisent aussi l'exercice du jugement et de l'autonomie intellectuelle, par exemple, lorsque les élèves tirent des conclusions de données dégagées de l'observation et de l'expérimentation et qu'ils vérifient leurs conclusions par de nouvelles observations et de nouvelles expériences. L'apprentissage des sciences incite aussi les élèves à développer leur esprit critique. Ainsi, l'interprétation de données fournit aux élèves l'occasion

de suggérer des explications qui tiendront compte de leurs données ; explications qu'ils devront eux-mêmes critiquer ou qui pourront être critiquées par les autres élèves de la classe. L'esprit critique se développe rarement lorsqu'on propose à l'élève des réponses préparées à l'avance ou des concepts achevés. L'apprentissage livresque développe donc peu l'esprit critique.

De nos jours, l'apprentissage des sciences de la nature fait partie intégrante de la culture générale d'une personne. Il s'agit, pour s'en convaincre, de revoir la définition de la culture que nous avons proposée au début de ce chapitre. Comment une personne peut-elle prétendre être cultivée si elle ignore les principaux concepts et la démarche des sciences de la nature ? Cela était sans doute possible il y a cent ans, mais ce ne l'est plus aujourd'hui. Nous vivons aujourd'hui dans une civilisation scientifique, technologique et de l'information. Et les sciences et la technologie deviendront de plus en plus importantes. C'est pourquoi toute personne qui veut comprendre et se sentir à l'aise dans le champ culturel que définit la civilisation occidentale devra avoir reçu, et dès son plus jeune âge, une bonne initiation aux sciences de la nature.

Cependant, au moment où les sciences et la technologie touchent de plus en plus notre vie, de moins en moins d'élèves terminent leurs études secondaires avec une idée précise des sciences de la nature. Plusieurs ont la conviction que seule une petite minorité d'élèves a la capacité d'apprendre les sciences. En réalité, le problème ne se situe pas chez les élèves mais dans le type d'enseignement donné. Les élèves refusent d'apprendre des faits et un vocabulaire qui n'ont pas de sens pour eux. Ce n'est pas étonnant que les jeunes du secondaire croient que les sciences sont ennuyantes ou trop difficiles.

Le développement de la personne, nous l'avons vu, implique l'acquisition d'une culture générale et de la **culture scientifique** qui fait partie intégrante de celle-ci. Pour nous, la culture scientifique est la capacité de comprendre puis de discuter les développements et les problèmes que suscitent, dans la société en général, les sciences de la nature et la technologie ; problèmes et développements qui sont régulièrement communiqués par les médias de masse. Avoir une culture scientifique, c'est être capable de participer aux débats que soulèvent ces questions ; c'est être capable de faire des choix éclairés avant d'agir ou de se prononcer sur un sujet. La culture scientifique est l'ensemble des savoirs et des savoir-faire qui permettent à une personne de comprendre les conséquences de ses choix. C'est la capacité d'entrevoir les conséquences à court et à long terme de l'application de certains principes scientifiques.

La culture scientifique permet de mieux comprendre certains événements quotidiens et contribue de ce fait au développement de la personne. Elle développe chez la personne une confiance lui permettant de

mettre en doute certains énoncés découlant de principes scientifiques que véhiculent les médias de masse ainsi que la capacité d'évaluer la pertinence et l'importance de certains projets. La culture scientifique permet à une personne de faire appel à un vaste réseau de concepts, d'habiletés et de valeurs qui facilitent la prise de décisions et de discuter des choix qui s'imposent à chaque génération. Elle permet aussi de comprendre comment les sciences de la nature, la technologie et la société s'influencent mutuellement. Une personne ayant acquis une culture scientifique est une personne qui a développé une approche interdisciplinaire pour tenter de comprendre les problèmes de la biosphère. Ainsi, un programme visant le développement de la culture scientifique propose un contenu qui en est un où ce qui est appris sera utile à tous les citoyens plutôt qu'à ceux et celles qui veulent devenir des scientifiques de carrière. Avoir acquis une culture scientifique, c'est comprendre que les lois scientifiques sont applicables et que leurs applications peuvent avoir des effets bénéfiques ou nuisibles ; c'est avoir compris les divers modes de raisonnement des sciences. Finalement, c'est comprendre les limites des sciences et la place que l'éthique doit jouer dans la prise de décisions. Avoir une culture scientifique, c'est demander à ses interlocuteurs ce sur quoi ils se basent pour justifier ce qu'ils affirment.

Une personne ayant acquis une culture scientifique pourra se poser les questions suivantes :

- ◇ Qu'est-ce qu'une preuve scientifique ?
- ◇ Comment savoir si les données obtenues constituent une preuve ?
- ◇ Quelles sont les limites du savoir ?
- ◇ Que faire pour savoir si ce qui est présenté est vrai ?

En résumé, les élèves auront acquis une culture scientifique lorsqu'ils pourront :

- ◇ illustrer, grâce à des exemples concrets, l'application de concepts et de lois scientifiques ;
- ◇ expliquer les liens qui existent entre les sciences et la technologie ;
- ◇ expliquer comment les sciences et la technologie influencent le développement économique, qui, lui, influence le développement des sciences et de la technologie ;
- ◇ expliquer comment les sciences et la technologie influencent la prise de décisions qui, à son tour, influence l'allocation de budgets relatifs au développement des sciences et de la technologie ;

- ◇ expliquer comment les sciences et la technologie ont une influence sur nos conditions de vie qui, à leur tour, influencent le développement des sciences et de la technologie.

Avoir une culture scientifique, c'est plus que de connaître un grand nombre de faits ou d'avoir acquis un ensemble structuré d'habiletés scientifiques. Avoir une culture scientifique suppose l'existence d'un mode de pensée et d'une manière de voir les choses. Cela présuppose aussi que l'apprenant aura acquis un ensemble d'attitudes et de valeurs. Il va de soi que l'acquisition de la culture scientifique, tout comme de l'acquisition de la culture générale, est l'affaire de toute une vie.

Le développement du citoyen responsable

L'étude des sciences de la nature aide les élèves à devenir des citoyens capables de mieux comprendre les problèmes sociaux qui découlent de l'application des sciences de la nature. Ces élèves pourront ainsi prendre conscience que leur comportement dans la vie de tous les jours aura, à plus ou moins long terme, une influence sur leur environnement. La culture scientifique acquise les rendra plus aptes à juger et à critiquer des projets, des phénomènes et des événements tels que la construction d'usines nucléaires, la localisation de sites d'enfouissement des déchets, la construction d'usines de transformation près des cours d'eau, les conséquences de l'inondation de grands territoires lors de la construction de barrages électriques, la pollution sous toutes ses formes, les effets des pluies acides, la conservation des ressources naturelles, l'effet de serre, la diminution de la couche d'ozone, l'effet de la surpopulation, les problèmes de la faim dans le monde, la disparition de certaines espèces animales et végétales, le purin déversé dans les cours d'eau... L'apprentissage des sciences de la nature permet de mieux comprendre que certaines catastrophes écologiques n'attendent qu'un déclencheur pour se manifester. Un système scolaire qui accorde des diplômes à des élèves ignorants en sciences, rebutés par la mathématique et confus à l'égard des enjeux de la technologie est un système qui n'a pas rempli sa mission. C'est un système qui sanctionne l'absence quasi totale d'une culture scientifique chez ses « élèves citoyens ».

L'apprentissage des sciences de la nature permet aussi aux élèves d'apprendre que la solution d'un problème scientifique soulève souvent de nouveaux problèmes et que la réponse apportée à une question soulève presque toujours de nouvelles questions. Ainsi, les élèves prendront plus conscience de l'influence des sciences et de la technologie sur leur vie de tous les jours et seront plus aptes à comprendre leur responsabilité envers l'environnement. Les élèves apprendront aussi que l'interprétation

des données varie selon l'expérience et les valeurs de ceux et celles qui font l'interprétation.

L'étude des sciences de la nature permet aussi de combler certains besoins personnels. Par exemple, les élèves pourront se familiariser avec des principes qui les aideront à mieux préserver leur santé. Il leur sera aussi possible d'acquérir des notions qui feront d'eux des consommateurs avertis. Ainsi, l'étude des sciences de la nature peut donner aux élèves et citoyens des outils pour mieux évaluer la qualité des produits commerciaux, la véracité d'un message publicitaire de même que leurs besoins de ces produits. Dans ce sens, les sciences de la nature contribuent à la formation d'une population efficace et productive en préparant des citoyens qui comprennent bien les problèmes scientifiques.

La formation d'une main-d'œuvre compétente et mobile

Une solide formation professionnelle ne va pas sans une bonne formation scientifique de base. C'est cette formation de base pour tous qui permettra la préparation de spécialistes qui pourront tenir tête aux concurrents d'une économie mondiale et qui permettra de faire avancer ou, du moins, maintenir les progrès humanitaires et technologiques existants. L'existence d'institutions fortes et efficaces présuppose, on le sait, un niveau économique élevé.

Dans les années à venir, il y aura de plus en plus de métiers qui dépendront d'une bonne formation scientifique. L'apprentissage des sciences de la nature est la porte idéale sur la formation technique après les études secondaires et il peut susciter le goût des métiers techniques. Même si ces métiers n'intéressent pas tous les élèves, ils sont assez nombreux pour qu'on doive s'en préoccuper. Ils comprennent non seulement les futurs techniciens mais tous les professionnels de la santé, les ingénieurs, les architectes, les professionnels de l'agriculture, de la transformation et de la préservation des aliments, les professionnels de la conservation de l'énergie et de la dépollution de l'environnement... Bref, la formation scientifique de base permet d'élargir les options de carrière de chaque personne.

Le développement de scientifiques de carrière

Quelques élèves seulement deviendront des scientifiques de carrière qui auront la responsabilité de réaliser la recherche fondamentale et appliquée dans les diverses disciplines des sciences de la nature ; recherches

qui permettront de maintenir et de faire avancer les progrès humanitaires et technologiques que nous ont légués les générations précédentes. Un peuple qui ne forme pas suffisamment de chercheurs est un peuple qui aura, dans un proche avenir, de la difficulté à maintenir son niveau de vie ainsi que la qualité de ses institutions.

LES BUTS DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES AU PRIMAIRE

La plupart des programmes de sciences souhaitent faire apprendre trop de choses aux élèves. Il n'est pas rare d'y trouver plus de cent objectifs à atteindre. Dans ces conditions, l'élève n'acquiert souvent qu'un petit vernis de connaissances. En fait, si on veut que l'élève modifie en profondeur et d'une façon substantielle sa structure cognitive, il faut lui accorder du temps pour acquérir certains savoirs et savoir-faire fondamentaux. Il est donc préférable d'aborder moins d'éléments et de bien les faire comprendre plutôt que de faire apprendre une foule de choses d'une façon superficielle. De même, l'apprentissage de la démarche scientifique est un processus long et difficile qui demande à l'élève d'utiliser son intelligence et ses sens avec de plus en plus de précision pour obtenir des réponses à ses questions. Il serait donc souhaitable de diminuer les connaissances (savoirs et savoir-faire) exigées au profit de connaissances mieux maîtrisées. S'il est vrai qu'une forte inflation tend à diminuer l'efficacité du système économique, pourquoi en serait-il autrement de l'inflation des connaissances exigées dans la plupart des programmes, y compris celui des sciences de la nature au primaire ? Tout comme un sol mince ne peut soutenir des arbres géants, le mince vernis de connaissances de nos élèves permettra difficilement l'émergence de leaders culturels, politiques et scientifiques.

Il existe d'après nous quatre grands buts de l'enseignement des sciences de la nature au primaire, chacun de ces buts amenant des objectifs généraux puis des objectifs spécifiques.

Renforcer chez l'élève le goût pour les choses de la nature et lui ouvrir pour l'avenir les portes d'une compréhension plus approfondie

Les enfants sont des scientifiques nés. Il suffit d'écouter les questions qu'ils posent sur les objets et les phénomènes naturels pour s'en rendre compte. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer les enfants pendant

leurs activités ludiques, alors qu'ils cherchent à comprendre le monde dans lequel ils vivent et qu'ils cherchent spontanément à partager ce qu'ils ont appris avec leurs amis.

Les enfants sont naturellement curieux. Ils posent des centaines de questions. Exemples : «Un ver de terre a-t-il des yeux ?» «Se déplace-t-il vers l'avant et à reculons ?» «Pourquoi voit-on plus de vers de terre après la pluie ? » « Un ver a-t-il une bouche ? » « De quoi se nourrit un ver de terre ? » « Qu'est-ce qui arrive aux vers en hiver ? » « Où vont les étoiles le jour ? » « Où va le soleil la nuit ? » « Pourquoi la lune change-t-elle de forme ? » « Qu'est-ce que le vent ? »

Les enfants aiment les sciences et cherchent continuellement à comprendre la nature qui les entoure. Ils souhaitent acquérir une vision globale du monde. De toutes les matières enseignées au primaire, c'est pourtant celle qui est la moins enseignée. En fait, l'école primaire ne semble prendre au sérieux que l'enseignement du français et de la mathématique.

Les enfants s'intéressent pourtant profondément aux sciences de la nature. Lorsqu'on leur demande quels sujets les intéressent le plus et sur quels sujets ils aimeraient en savoir plus, 76% des élèves de troisième année nomment les sciences de la nature. Ce pourcentage est de 60% en quatrième année, de 64% en cinquième année et de 52% en sixième année (Mechling, 1983). Dans une autre enquête, Mechling rapporte que 76% des enfants de la deuxième à la sixième année disent que les sciences de la nature sont une de leurs matières préférées à l'école. De plus, il y est dit que 82% des parents de ces enfants croient que leurs enfants aiment cette matière.

Les enfants du primaire aiment donc naturellement les sciences. Pour s'en convaincre encore plus, il suffit de regarder le visage des enfants qui réalisent des expériences scientifiques. Souvent un enfant qui est plus ou moins intéressé par ce qui se passe en classe aura un visage radieux lors de la réalisation d'une petite expérience. Celui ou celle qui éprouve beaucoup de difficulté à s'intéresser à l'école, car tout ce qui lui est présenté est abstrait et formé de symboles (français et mathématique) devient parfois un expert lorsqu'on lui donne la possibilité d'agir et de réfléchir sur des objets concrets. Les enfants sont avant tout des êtres concrets. On peut alors se demander pourquoi la plus grande partie de ce qui leur est présenté à l'école est presque exclusivement abstrait et formé de symboles.

Le but premier des sciences de la nature au primaire est de donner ou de renforcer le goût des enfants pour les choses de la nature. Il faut consolider ce goût ou encore le créer lorsqu'il n'existe pas. Le but premier des sciences de la nature n'est donc pas de faire réciter aux enfants

des principes ou des lois qu'ils ne comprennent pas, mais bien de s'assurer qu'ils aimeront ou continueront d'aimer cette matière. Quand ils croiront que l'étude des sciences peut être intéressante, ils pourront en toute confiance développer ce goût. C'est alors que l'ensemble des expériences concrètes du primaire pourront servir de tremplin à l'acquisition de compréhensions plus approfondies au secondaire et par la suite. Il ne faut donc pas faire des sciences une matière qui s'enseigne comme les autres et la réduire à l'«apprentissage» d'énoncés qu'ils ne comprennent que partiellement. Il faut aussi faire en sorte que les évaluations des apprentissages soient plus qu'une répétition d'énoncés appris par cœur. Ce serait une grave erreur que la pédagogie utilisée amène les élèves, à la fin du primaire, à détester autant les sciences que les élèves les détestent à la fin du secondaire.

Aider l'élève à acquérir et à utiliser les habiletés de la démarche scientifique

Ce but implique chez l'élève le développement d'une foule d'habiletés qui ont déjà été présentées. Voici, à titre d'exemple, quelques-uns des comportements d'un enseignant ou d'une enseignante qui souhaite faire acquérir à ses élèves les habiletés de la démarche scientifique :

- ◇ Faire en sorte que les élèves goûtent au plaisir de la découverte en sciences de la nature.
- ◇ Inviter les élèves à poser des questions sur l'environnement naturel.
- ◇ Encourager la participation active des élèves lors de la recherche de réponses à des questions.
- ◇ Inviter les élèves à préparer des protocoles décrivant le déroulement anticipé d'une expérience ou d'une observation scientifique.
- ◇ Amener les élèves à noter systématiquement les données obtenues des objets, des phénomènes et des événements de la nature.
- ◇ Inciter les élèves à analyser les données dégagées de l'observation et de l'expérience.
- ◇ Inviter les élèves à tirer des conclusions suite à l'analyse des données.
- ◇ Inciter les élèves à vérifier la véracité des conclusions inférées.
- ◇ Inviter les élèves à suggérer des applications des conclusions dégagées.

- ◇ Amener les élèves à comprendre qu'il est possible d'aborder une question ou un problème scientifique à l'aide d'une grande variété de méthodes.

Dans plusieurs classes, trop d'ailleurs, «apprendre les sciences » signifie lire un livre et suivre une conduite imposée par le maître. Dans ce contexte, avoir appris les sciences signifie se rappeler la bonne réponse à une question qui a été posée. Dans ce cas, la vérité scientifique existe quand elle est approuvée par le maître ou confirmée par un livre. Selon cette philosophie, les sciences sont un ensemble de savoirs que nous communiquent les experts. Et lorsque, par hasard, on réalise une expérience en classe, elle est souvent présentée de façon à laisser croire qu'il n'y a qu'une façon de procéder pour obtenir la réponse à la question posée.

Certains croient qu'il faut retarder l'apprentissage des sciences aux dernières années du secondaire. Il faut rappeler que l'apprentissage (des sciences, comme celui de la mathématique ou d'une langue seconde, est une activité cumulative.

**Développer les attitudes et les valeurs
qui permettront au citoyen éclairé de
prendre des décisions favorables aux progrès
humanitaires et technologiques dans le respect
de l'écologie et de l'environnement naturel**

Pour une discussion détaillée des attitudes et des valeurs inhérentes à la démarche scientifique, voir les chapitres 1 et 2.

**Aider l'élève à acquérir les concepts,
les principes et les lois scientifiques qui lui
permettront de comprendre le plus grand nombre
de faits, de phénomènes et d'événements naturels**

Même si la démarche scientifique doit être le principal ingrédient d'un programme de sciences de la nature au primaire, il ne faut pas oublier que le but de cette démarche est de comprendre la nature. Dans la vie courante, on ne mesure pas une table pour apprendre à mesurer mais plutôt pour savoir si celle-ci va passer dans la porte. On n'imagine pas un protocole expérimental relatif à la toxicité des graines de conifères sur le

sol pour exercer son imagination mais pour savoir pourquoi on ne trouve pas de gazon et si peu de mauvaises herbes dans une forêt de conifères. Pas plus qu'il est intéressant de réaliser plusieurs expériences se rapportant à l'évaporation et à la condensation de l'eau si on n'arrive pas à comprendre le fonctionnement du cycle de l'eau dans la nature.

C'est le défaut des programmes d'études structurés exclusivement à partir de sujets ou de démarches. Les élèves finissent par s'en lasser. Les activités scientifiques visent plus que le développement d'attitudes et d'habiletés ; elles doivent aussi chercher à susciter l'intérêt de l'élève. Également, les activités de sciences de la nature doivent viser plus que l'apprentissage de conclusions qui ne sont pas reliées les unes aux autres. Après un certain temps, les élèves veulent savoir pourquoi on leur fait apprendre ce qu'on leur propose.

Un plan de maison n'est pas une maison. Un tas de pierres n'est pas non plus une maison. Il en est de même quand le maçon a transformé ces pierres en murs. C'est un premier pas vers la construction d'une maison mais ce n'est pas suffisant. Une maison est un ensemble très complexe de matériaux organisés pour constituer un tout fonctionnel. Il en est de même pour les sciences de la nature. Une science, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, ne peut être définie qu'en se référant à l'ensemble des habiletés, des attitudes, des valeurs, des concepts, des principes et des théories qui la forment. Ainsi, l'intérêt des élèves pour des activités qui gravitent autour de sujets limités ou autour d'une démarche scientifique ne peut se maintenir très longtemps. Il faut plutôt que les activités scientifiques proposées permettent aux élèves d'acquérir de larges compréhensions qui expliquent différents phénomènes.

Les données expérimentales, les concepts, les principes et les lois doivent s'intégrer dans des ensembles plus vastes qui auront une signification pour l'élève et un pouvoir explicatif très grand. Il est possible de regrouper les savoirs dégagés de l'expérience sous des thèmes restreints qui permettent d'associer plusieurs concepts scientifiques. Il existe plusieurs façons de regrouper les savoirs de la structure conceptuelle des sciences de la nature, le tableau 3.1 en propose une. Ce tableau subdivise d'abord les savoirs de la structure conceptuelle en quatre catégories : les sciences de la vie ; les sciences physiques ; les sciences de la terre et de l'espace ; la technologie. Ces catégories regroupent onze thèmes qui touchent à tous les aspects des sciences de la nature et de la technologie.

**TABLEAU 3.1 ,
Tableau des thèmes permettant de regrouper les savoirs
dégagés de l'expérience en sciences de la nature au primaire**

- a) Les sciences de la vie
 - ◇ Le monde végétal et animal
 - ◇ Ton corps : un laboratoire vivant
 - ◇ L'écologie et les écosystèmes
 - b) Les sciences physiques
 - ◇ Nous vivons dans un océan d'air
 - ◇ Les liquides de notre planète
 - ◇ La chaleur : une forme d'énergie
 - ◇ L'électricité et le magnétisme : une autre forme d'énergie
 - ◇ La lumière, les sons et la gravité : une troisième forme d'énergie
 - c) Les sciences de la terre et de l'espace
 - ◇ Le sol et les minéraux sous nos pieds
 - ◇ Notre climat, le ciel et les astres
 - d) La technologie
 - ◇ Les objets fabriqués
-

Il est encore mieux, selon nous, de regrouper les savoirs dégagés de l'expérience en un certain nombre de schèmes conceptuels. Plusieurs schèmes pourraient expliquer un grand nombre de phénomènes et d'événements naturels. Voici l'énoncé de cinq d'entre eux :

- ◇ L'environnement change continuellement grâce aux interactions des êtres présents dans la nature. Il existe une multitude d'interrelations entre les organismes, les objets et leur environnement.
- ◇ Les êtres de notre environnement naturel font preuve d'une grande diversité. Ils affichent ainsi une grande variété de différences et de similarités.
- ◇ Les organismes se reproduisent pour assurer leur continuité et les objets de la nature se transforment pour prendre de nouvelles formes.
- ◇ Dans la nature, il y a conservation de l'énergie et de la matière et cette conservation peut prendre diverses formes.
- ◇ Les objets et les organismes existent dans des lieux spécifiques et distincts.

LES SCIENCES ET LES AUTRES MATIÈRES

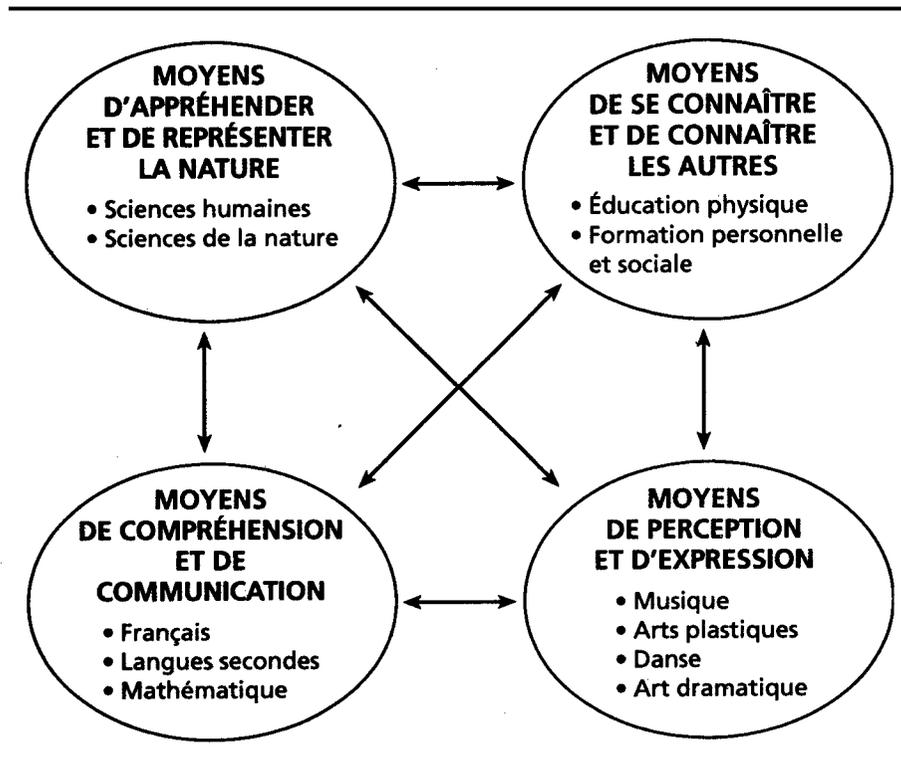
L'apprentissage des sciences de la nature contribue à la formation générale de l'enfant du primaire. Il y a de ce fait des rapports de complémentarité entre les sciences de la nature et les autres matières enseignées. Pour situer cette complémentarité, il suffit de consulter la figure 3.1 qui suggère les relations entre les quatre grands domaines d'études de l'école primaire.

Les sciences de la nature et les sciences humaines forment un de ces domaines. Ces deux matières tentent d'appréhender, de représenter et d'expliquer les divers aspects de notre environnement naturel et social. Elles partent toutes deux des observations tirées de l'environnement pour dégager des explications générales en accord avec celles-ci. Ces disciplines du savoir tentent d'obtenir de l'information permettant d'établir des relations entre les divers aspects de l'environnement et exigent toutes deux des preuves avant de généraliser. Il est possible de les regrouper parce qu'elles utilisent des méthodologies similaires pour obtenir de l'information et pour justifier les généralisations qu'elles dégagent. Ainsi, elles suivent toutes deux une démarche similaire pour obtenir les données qui leur permettront de construire leurs savoirs respectifs.

Les sciences de la nature et la technologie ont souvent des effets sur la société en général. La pollution, le bruit des machines, la production de masse, les médicaments, la communication électronique, etc., ont des effets importants sur nos vies. Les coûts et les lieux de production des biens et des services, qui relèvent des sciences humaines, sont de ce fait intimement reliés aux sciences de la nature et à la technologie. Par exemple, la production industrielle a des effets néfastes sur les communautés humaines (pollution de l'air, du sol, de l'eau et par le bruit), la température a des effets sur l'agriculture, il existe une relation entre la position de la Terre par rapport au Soleil et les saisons...

La mathématique, le français et les langues secondes forment un autre domaine d'études. Ces matières tentent de créer des formes d'expression dans le but de communiquer des concepts. Elles ont des points communs, en ce sens qu'elles font toutes appel à des symboles pour exprimer les concepts et expliquer les situations, les perceptions et les représentations des trois autres domaines d'études. Ces formes symboliques sont des moyens de communiquer les concepts des autres disciplines et de transmettre nos états d'âme. Les symboles dont il est question sont les sons, les mots, les lettres et les chiffres.

FIGURE 3.1
Rapports de complémentarité entre différents domaines
d'études au primaire



Pour réaliser des expériences de sciences de la nature, les élèves ont souvent besoin d'outils mathématiques. Les sciences et la mathématique sont à vrai dire interdépendantes dans la réalisation d'expériences. En effet, les enfants ont alors besoin d'additionner, de soustraire, de multiplier et de diviser. Il leur faut aussi parfois compter, trouver des moyennes, regrouper, avoir recours à des fractions ou à des décimales, mettre en ordre certaines caractéristiques d'après leurs valeurs numériques (série) et utiliser des pourcentages. La représentation graphique et la construction de tableaux de données sont aussi des éléments communs à ces deux disciplines. Les concepts et les habiletés mathématiques sont de toute évidence plus pertinents quand ils s'appliquent à des situations auxquelles les enfants prennent part activement. Plutôt que de demander aux élèves de solutionner des problèmes mathématiques proposés dans un livre, pourquoi donc ne pas leur demander de solutionner des problèmes pratiques qui découlent de leurs activités en sciences de la nature ? La

recherche montre que les enfants ont plus de facilité à solutionner des problèmes pratiques que des problèmes du type crayon et papier. Des exemples de l'interdépendance de ces deux matières deviennent apparents lorsque les enfants recueillent la pluie qui tombe chaque jour et calculent la précipitation moyenne chaque semaine ou chaque mois ; lorsqu'ils mesurent le nombre de respirations en 15 secondes et multiplient ce nombre par quatre pour estimer le nombre de respirations de la même personne en une minute. C'est au cours d'activités de sciences de la nature que les élèves apprennent à utiliser le système métrique dans un contexte réel.

Les activités de sciences sont des occasions de faire acquérir à l'élève un vocabulaire nouveau et de l'inviter à s'exprimer correctement en rapport aux activités réalisées. Les enfants doivent d'abord nommer les objets utilisés au cours des expériences puis en faire la description en précisant les caractéristiques ou les nuances. Le contexte de l'apprentissage donnera ainsi un sens précis aux mots utilisés. Une expérience sur l'électricité statique amènera peut-être l'élève à utiliser des termes comme les suivants : frottement, électricité statique, électroscope, plastique, flanelle, surface, charges, conducteur et isolant.

Les enfants qui réalisent en classe des activités de sciences de la nature au primaire ont en tête un bagage qui pourra servir dans diverses productions écrites. Les enseignants peuvent profiter de cette réalité et encourager les élèves à présenter des textes inédits. Par exemple, à la suite d'une activité sur l'électricité statique, les élèves peuvent être invités à rédiger un texte narratif racontant une expérience où ils ont eu peur du tonnerre ou de l'éclair, ou produire un texte expliquant ce qu'est l'éclair ou le tonnerre ou encore le lien entre le tonnerre et l'éclair. Les élèves peuvent aussi décrire les résultats obtenus au cours d'une expérience et présenter les conclusions tirées de ces données.

Jenkins (1981) et Knight (1983) ont démontré que les sciences de la nature ont un effet bénéfique sur la rédaction de textes narratifs au primaire. A leur avis, les enfants se réfèrent souvent à des expériences concrètes ou vécues lorsqu'ils ont à rédiger des textes. Toujours selon eux, la plupart des sujets choisis se rapportent aux sciences de la nature et aux sciences humaines. D'après l'étude de Jenkins, 40 % des mots utilisés se rapportent aux sciences de la nature, 22 %, aux sciences humaines et 12 %, à des situations imaginées.

Les arts forment un troisième domaine de matières. Les disciplines des arts sont des moyens de communication autres que les langues et la mathématique. Les arts, par leur nature, cherchent à exprimer ce qui est unique et individuel. Les objets artistiques sont faits pour être contemplés ou appréciés et, de ce fait, n'ont pas à être évalués par des méthodes scientifiques.

La communication de résultats scientifiques fait souvent appel à des dessins et à des représentations à l'échelle. Les expériences, les excursions, les visites aux jardins zoologiques et aux musées ainsi que les expositions scientifiques peuvent être source d'images mentales qui pourront donner lieu à des dessins ou à d'autres formes d'expressions artistiques.

Les enfants seront peut-être intéressés par la symétrie d'un papillon ou celle d'une huître ou par l'asymétrie d'un visage. Ils pourront réaliser un collage avec des brindilles, des branches d'arbre ou des écorces. Le collage permet de représenter des objets ou des phénomènes naturels sans utiliser de crayon ou de peinture. Par ailleurs, les expériences de sciences de la nature se rapportant aux sons et aux vibrations peuvent servir à expliquer le fonctionnement de certains instruments musicaux. Il est possible, grâce à une quantité variable d'eau dans des bouteilles ou à l'aide de petites longueurs de bois, d'illustrer une octave musicale et de montrer ainsi la relation qui existe entre la masse d'un objet qui vibre et la tonalité du son émis.

Le quatrième et dernier domaine d'études regroupe des matières telles que l'éducation physique et la formation personnelle et sociale. Ces matières sont en fait des moyens d'apprendre à se connaître et à connaître les autres autour de soi, connaissances qui découlent d'expériences sociales. Les matières de ce domaine d'études conduisent à la confiance et à l'estime de soi, à la compréhension et à l'estime des autres. Elles développent chez la personne la liberté, la maturité, l'intégrité personnelle ainsi que la compréhension et le respect des autres. Au secondaire, la littérature pourrait faire partie de cet ensemble étant donné qu'elle permet de mieux connaître et comprendre les autres.

Il y a une relation étroite entre les sciences de la nature et les principaux concepts reliés à la santé. Les deux domaines se confondent lorsque, par exemple, on étudie comment le cœur fonctionne, comment les bactéries causent certaines maladies, comment la pollution affecte les êtres vivants et l'environnement, comment certaines maladies se transmettent ou comment les aliments sont absorbés par notre organisme. L'éducation physique, les sciences de la nature et la santé ont entre elles des points communs qu'il est relativement facile de faire ressortir en sciences. Par exemple, il est assez facile de mesurer, par déplacement d'eau, la capacité pulmonaire réelle des enfants. De même, il est possible d'établir la relation entre une activité physique intense (monter rapidement un escalier) et l'augmentation du nombre de respirations ou le nombre de battements du cœur dans un temps donné. On peut, en associant ces résultats, aider l'enfant à comprendre qu'une activité physique intense exige qu'une plus grande quantité d'air passe par ses poumons. De même, une plus grande activité physique oblige le cœur à battre plus rapidement pour fournir plus d'oxygène aux muscles du corps.

Les sciences de la nature peuvent apporter un éclairage nouveau sur différents sujets, entre autres, la santé communautaire et personnelle, la consommation de médicaments et de produits hygiéniques, l'alimentation, la forme physique, le contrôle et la prévention des maladies, l'abus de nourriture, de drogues et d'alcool, le stress et les diverses façons de disposer des déchets et d'autres produits qui polluent l'environnement.

Les sciences de la nature au primaire peuvent avoir une influence sur l'apprentissage des autres matières. Certaines recherches montrent que lorsque les sciences sont intégrées à d'autres matières, ou du moins, mises en relations avec elles, l'apprentissage de ces dernières est facilité. Par exemple, comme les sciences incitent souvent l'enfant à lire des consignes ou de petits textes scientifiques, cela peut constituer une motivation supplémentaire à lire plus qu'il ou elle ne le ferait normalement.

LE TEMPS D'ENSEIGNEMENT

Au Canada, le temps réservé à l'enseignement des sciences varie d'une province à l'autre. Il se situe cependant à l'intérieur d'une fourchette qui va de 4 % à 10 % du temps d'enseignement hebdomadaire. Le tableau 3.2 ci-dessous indique la limite inférieure et la limite supérieure du temps alloué pour chaque niveau scolaire.

TABLEAU 3.2
Temps d'enseignement des sciences de la nature
au primaire au Canada

Niveau scolaire	1	2	3	4	5	6
Temps en minutes	60 à 120	60 à 120	60 à 120	90 à 120	90 à 150	90 à 150

L'apprentissage des sciences de la nature ne peut pas toujours se faire par des investigations de l'élève. Certains concepts s'apprennent mieux à l'aide d'une démonstration ou d'un exposé de l'enseignant, d'autres s'acquièrent plus facilement s'ils font l'objet de discussions de groupes. Mais la plupart du temps, du moins au primaire, les enfants apprendront mieux les sciences en préparant et en réalisant des investigations.

Au primaire, le temps consacré aux sciences devrait se partager en deux types d'enseignement. La plus grande partie du temps, soit de 70% à 90% du temps serait consacré aux investigations de l'élève. Le reste du temps, soit de 10% à 30% devrait être utilisé pour permettre aux élèves

d'acquérir des concepts et des principes qui ne découlent pas nécessairement d'expériences ou de manipulations en classe mais qui sont essentiels à la compréhension des principaux savoirs de la structure conceptuelle des sciences de la nature. Il importe cependant que les notions présentées dans cette période de temps soient des notions complémentaires à celles dégagées des expériences et que ces notions permettent de cimenter les concepts dégagés des expériences en un tout significatif plus facile à comprendre et à retenir. Cette période de temps permet aussi d'établir des liens entre les principes et les concepts scientifiques dégagés et leurs applications dans la vie de tous les jours. C'est alors que l'enseignant cherchera à présenter des notions technologiques et environnementales en rapport avec les concepts et les principes dégagés de l'expérience et qu'il ou elle tentera de relier les concepts et les principes dégagés aux thèmes ou schèmes conceptuels. La figure 3.2 suggère une répartition possible du temps alloué à ces deux types d'enseignement.

Au primaire, le temps alloué à l'expérimentation ou à l'investigation en classe et à la non-investigation ou à la transmission de savoirs scientifiques pourra varier d'une année à l'autre.

La répartition proposée dans la figure 3.2 s'inscrit dans une philosophie selon laquelle il faut surtout insister, au primaire, sur la démarche scientifique. Par la suite, et ce jusqu'à la fin du secondaire, le pourcentage du temps consacré à la démarche scientifique pourra diminuer progressivement au profit d'une augmentation du temps consacré à la transmission de savoirs scientifiques de l'enseignant à l'élève. La figure 3.3 montre, par ailleurs, la répartition de ces deux types d'enseignement des sciences, de la maternelle à la fin du secondaire.

Certains concepts et principes scientifiques peuvent être acquis directement de l'expérience. Par exemple, il est possible de concevoir des expériences permettant de faire découvrir aux élèves les points suivants :

- ◇ les objets peuvent être classifiés en deux catégories : ceux attirés par un aimant et ceux qui ne le sont pas ;
- ◇ les objets attirés par un aimant sont formés de matériaux comme le fer, l'acier et le nickel ;
- ◇ tous les métaux ne sont pas attirés par un aimant ;
- ◇ lorsqu'on place deux aimants l'un en face de l'autre, les pôles de mêmes noms se repoussent ; les pôles de noms différents s'attirent ;
- ◇ le champ magnétique d'un aimant peut traverser les objets qui ne sont pas attirés par lui ;

- ◇ les objets qui sont attirés par un aimant bloquent les forces magnétiques d'un aimant ;
- ◇ la force magnétique d'un aimant agit à distance sur certains objets et ce, sans être en contact avec lui ;
- ◇ la force magnétique d'un aimant est plus forte près des pôles ;
- ◇ certains objets en fer peuvent être aimantés temporairement en les frottant sur un aimant.

FIGURE 3.2
Temps alloué à l'investigation en classe
et à la transmission de savoirs scientifiques

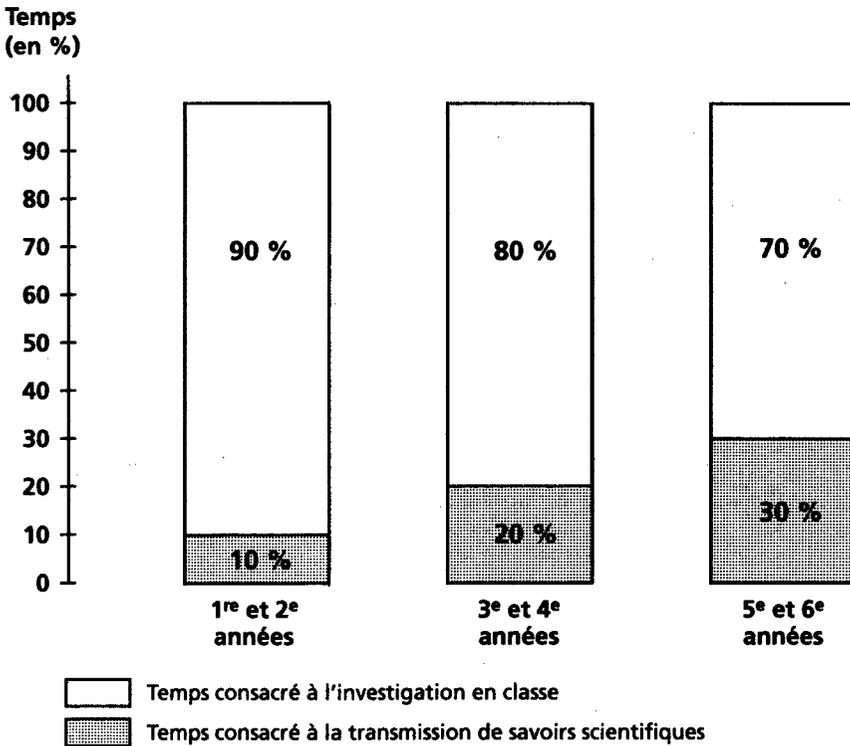
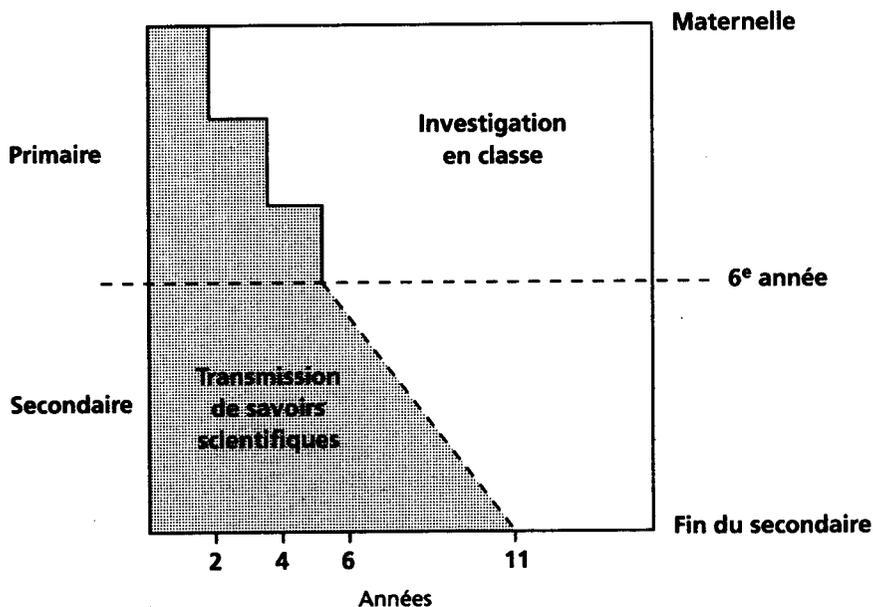


FIGURE 3.3

Temps alloué à l'investigation en classe et à la transmission de savoirs scientifiques de la maternelle à la fin du secondaire



Nous ne pouvons pas espérer que l'investigation seule suffira à faire comprendre à l'élève tous les concepts et principes de base reliés aux aimants et au champ magnétique. Il faut chercher à combler cette lacune en transmettant et en illustrant verbalement certains savoirs scientifiques. Par exemple, il faudra présenter directement à l'élève les concepts complémentaires suivants :

- ◇ il existe des aimants naturels que l'on retrouve dans le sol ;
- ◇ la Terre est un aimant qui a un pôle nord et un pôle sud ;
- ◇ la Terre est entourée d'un champ magnétique qui oriente l'aiguille d'une boussole ;
- ◇ il n'est pas possible d'aimanter tous les métaux ;
- ◇ la plupart des aimants utilisés sont des objets fabriqués.

En résumé, tout programme de sciences de la nature devrait, selon nous, comprendre quatre grands aspects : la démarche scientifique, les savoirs scientifiques, l'application des connaissances scientifiques et la mise en relation des connaissances scientifiques avec celles des autres

matières. Ces aspects doivent être traités systématiquement et être bien intégrés les uns aux autres.

La démarche scientifique

L'enseignement des sciences de la nature repose d'abord et avant tout sur une démarche qui cherche à trouver des réponses plausibles aux questions que se posent les enfants sur la nature qui les entoure. Cette démarche part de l'objet, du phénomène ou de l'événement et non d'une explication verbale ou écrite. Cette démarche présuppose l'existence ou le développement de valeurs et d'attitudes.

Les savoirs scientifiques

Au primaire, les explications dégagées de l'application de la démarche scientifique sont regroupées en concepts, principes et lois qui, à leur tour, permettent de prédire et d'interpréter d'autres phénomènes et événements de la nature.

L'application des connaissances scientifiques

L'enseignement des sciences de la nature au primaire doit chercher à montrer comment l'application des connaissances scientifiques (démarche scientifique et savoirs scientifiques) peut avoir un effet sur notre vie de tous les jours. Il est bon que les élèves sachent que la technologie, une application de connaissances scientifiques, peut avoir des effets positifs et négatifs sur la vie sociale, la vie culturelle et l'environnement des sociétés humaines.

La mise en relation des connaissances scientifiques

La réalisation du programme de sciences doit permettre le plus possible la mise en relation des connaissances scientifiques avec les autres matières enseignées au primaire. L'enseignement des sciences pourra enrichir les autres domaines d'études quand viendra le temps de faire une synthèse des savoirs dégagés d'une expérience et des habiletés et des attitudes que cette expérience a permis de développer.

Chacun de ces grands aspects devrait être considéré dans l'élaboration, la réalisation et l'évaluation d'un programme de sciences de la nature. On a trop souvent tendance à augmenter le temps accordé à l'apprentissage des savoirs au détriment des trois autres aspects. Tout programme de sciences de la nature au primaire devrait accorder à chacun de ces aspects l'importance qui lui revient.

BIBLIOGRAPHIE

- Jenkins, L.** (1981). *Art, Music Motives Student's Reading Skills*, The Sharon Herald dans *Science Teachers Basic Skills* (1983), National Science Teacher's Association, Washington..
- Knight, C.** (1983). *Science Teachers Basic Skills*, National Science Teachers Association, Washington.
- Mechling, K.C. et al.** (1983). *Science Teachers Basic Skills*, National Science Teachers Association, Washington.
- Peters, R.S.** (1966). *Ethics and Education*, Londres, George, Allen and Unwin.
- Peters, R.S.** (1970). *Education as Initiating*, Londres, The University of London Institute of Education.
- Peters, R.S.** (1975). *A Critique of Current Education Aims*, Londres, Routledge and Kegan Paul.
- Peters, R.S.** (1979). *The Concept of Education*, Londres, International Library of the Philosophy of Education.
- Piaget, J.** (1964). Conférence prononcée à la «Conference on Cognitive Studies and Curriculum Development », Ithaca, N.Y., Cornell University.
- Siegfried, André** (1965). « Qu'est-ce que la culture ? », *Civilisation contemporaine*, Paris, Bourdany, M.A. Hatier.
- Simon, P.H.** (1968). *L'homme en procès*, Paris, Petite bibliothèque Payot.

CHAPITRE

4

L'investigation en sciences de la nature au primaire

*... l'incroyable lacune des écoles traditionnelles,
jusqu'à ces dernières années y compris, est d'avoir négligé presque
systématiquement la formation des élèves à l'expérimentation :
ce ne sont pas, en effet, les expériences que le maître
peut faire devant eux ou même qu'ils font de leurs mains,
mais selon une procédure déjà établie et qu'on leur dicte simplement,
qui leur apprendront les règles générales de toute expérience scientifique,
telle la variation d'un facteur en neutralisant les autres...*

*... les méthodes d'avenir devront faire une part
de plus en plus grande à l'activité et aux tâtonnements des élèves
ainsi qu'à la spontanéité des recherches dans la manipulation
de dispositifs destinés à prouver ou à infirmer
les hypothèses qu'ils auront pu faire d'eux-mêmes pour l'explication
de tel ou tel phénomène élémentaire.*

(Jean Piaget, 1988)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Comment fonctionnent nos systèmes perceptifs dans l'apprentissage des sciences de la nature ?
- Qu'est-ce qu'on apprend lors de l'apprentissage perceptif ?
- Quels principes pédagogiques peut-on tirer de la théorie de la perception de Gibson ?
- Quelle est l'importance de l'investigation de l'élève dans l'apprentissage des sciences de la nature ?
- Comment se compare l'investigation de l'élève à l'apprentissage livresque en sciences au primaire ?

INTRODUCTION

L'enseignement des sciences de la nature au primaire, nous l'avons déjà vu, vise à faire acquérir des concepts et des **lois scientifiques**, à développer des habiletés scientifiques et **des habiletés manuelles ou de laboratoire** et à faire émerger chez les élèves de 6 à 12 ans des **attitudes et des valeurs scientifiques**. L'ensemble de ces apprentissages forme la culture scientifique. Dans le présent chapitre, nous tenterons de comprendre comment on peut faciliter l'apprentissage des sciences chez des enfants placés dans un contexte pédagogique qui préconise l'investigation par l'élève.

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'enseignement des sciences de la nature au primaire devrait prendre appui sur les objets, les phénomènes et les événements de la nature et s'y référer continuellement. Il s'agit donc d'une pédagogie qui repose très peu sur les livres et les exposés. Pour aider l'élève à tirer des conclusions de la nature, l'enseignant ou l'enseignante doit se baser sur des pratiques qui sont adaptées à la nature inférentielle des sciences de la nature. Sa pédagogie doit imiter celle des scientifiques lorsqu'ils tentent de construire leurs connaissances premières, c'est-à-dire non pas par l'entremise de la déduction mais grâce à l'induction. Il devrait aussi en être de même pour les enfants du primaire et ce, même si le contexte pédagogique est un contexte de « découverte guidée » plutôt que de « découverte autonome ».

C'est en se référant continuellement à la « réalité concrète », au « monde réel », à l'environnement naturel ou à la nature, que les scientifiques obtiennent puis vérifient les idées dégagées de la nature. C'est également grâce à l'étude systématique de cet environnement naturel que ces scientifiques arrivent à construire ou à échafauder des idées nouvelles qui pourront s'insérer dans la structure conceptuelle des sciences de la nature. En résumé, pour obtenir et vérifier leurs idées sur la nature, les scientifiques font appel à un processus d'extraction qui leur a permis de construire des connaissances et de développer des attitudes et des valeurs scientifiques. Par l'entremise d'une démarche complexe qui a été décrite au chapitre 2, les scientifiques passent d'un monde d'objets (la nature) à un monde d'idées, ce monde d'idées étant les sciences de la nature.

Les sciences de la nature sont donc une réalité construite ou un monde d'idées. Ce monde, il faut le rappeler, est constitué de trois grandes structures : la structure méthodologique, la structure conceptuelle et la structure attitudinale et axiologique. La structure méthodologique est constituée des méthodologies, des techniques, des savoir-faire et de la multiplicité des moyens déployés pour obtenir et vérifier l'ensemble des savoirs organisés de la structure conceptuelle. Ce sont ces éléments de la structure méthodologique qui ont permis de constituer, au cours des

siècles, sans doute par essai et erreur, la démarche scientifique que nous utilisons encore aujourd'hui. C'est dans ce contexte pédagogique et dans cette ambiance méthodologique qu'il faut tenter, croyons-nous, de faire cheminer et évoluer l'élève dans son apprentissage des sciences.

LA NATURE : UNE MINE D'INFORMATIONS

Selon certains psychologues de la perception, plus particulièrement l'équipe des Gibson (1966, 1968 et 1969), les enfants, dès leur naissance, commencent à développer leurs systèmes perceptifs en explorant la nature qui les entoure. Ils ont au début de la difficulté à s'orienter et à fixer leur attention sur ce qui les entoure, mais ils osent quand même toucher, palper, regarder, écouter et mettre des choses dans leur bouche. Avec le temps, leurs systèmes perceptifs se développent et deviennent de plus en plus habiles à discriminer. Leur attention peut alors plus facilement se concentrer sur les subtilités des stimuli provenant de leur environnement naturel. Ainsi, ils apprennent, avec l'âge et la pratique, à mieux percevoir ce qui les entoure et apprennent à extraire de cette observation de l'information de plus en plus précise, de plus en plus riche et de plus en plus pertinente. Avec le temps, ils apprennent à mieux connaître la nature ou le «monde réel», qui peut être défini comme «l'ensemble des objets, des phénomènes, des surfaces, des lieux, des substances, des images, des intensités lumineuses et sonores, des plantes, des animaux, des gaz, des odeurs et des événements de l'environnement». Les stimuli qui émanent continuellement du «monde réel» ne sont, en fait, que des informations potentielles pouvant atteindre les systèmes perceptifs. Cette information n'existe qu'à l'état potentiel, car elle nécessite la présence et l'attention d'un organisme d'abord capable, puis disposé à voir, à toucher, à entendre, à écouter et à renifler ce qui est autour de lui. Pour qu'un stimulus influence un organisme, il faut que ce dernier ait à la fois la volonté de le percevoir et ait à sa disposition des systèmes perceptifs capables de saisir l'information potentielle qui émane de la nature et qui s'offre à lui.

Une question importante demeure : que peut-on percevoir autour de nous ? En d'autres termes, quel est l'objet de la perception humaine ? Une réponse générale serait l'environnement naturel, élément commun à la fois aux hommes et aux animaux. Cet environnement est pour nous une source inépuisable d'informations ; elle est une mine intarissable. Voici donc, d'après James J. Gibson (1966), une brève description d'une portion de l'environnement naturel, et comment et dans quelles conditions les systèmes perceptifs des humains peuvent se développer lorsqu'ils viennent en contact avec l'environnement.

L'habitat immédiat de tous les animaux, et donc des humains, est la planète Terre, sphère composée essentiellement de sol, d'eau et d'air ou, en d'autres termes, de la lithosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère. La plupart des animaux vivent relativement près de la surface de cette sphère bien qu'il y en ait qui volent dans l'atmosphère et d'autres qui vivent à de petites profondeurs sous le sol et à de grandes profondeurs sous l'eau. Ces trois matériaux, si on exclut le feu, constituent ce que les Grecs croyaient être les composantes fondamentales de l'univers. Ces trois composantes, selon leur température, peuvent exister à l'état solide, liquide et gazeux.

La surface externe de cette sphère, celle en contact avec l'atmosphère, est plus ou moins plissée aux endroits où elle est formée de roches et de sol et plus lisse sur les plans d'eau. Une surface d'eau au repos est toujours perpendiculaire à la force ou à la ligne de gravité de la Terre. La surface solide de la croûte terrestre est en moyenne perpendiculaire à la ligne de gravité ou à la verticale. C'est la force de gravité qui permet aux êtres humains et aux animaux de s'orienter dans l'espace par rapport à cette surface. C'est ce qui permet aux systèmes perceptifs de définir le haut, le bas et la verticale. Par ailleurs, la courbure des surfaces de cette sphère est si faible et la surface de la planète si vaste par rapport aux dimensions des êtres humains qui y vivent qu'elle paraît plate. En d'autres termes, la surface de la Terre semble plate aux êtres humains et aux animaux parce que leur point d'observation est près de la surface de celle-ci. Par contre, observée à l'aide d'une fusée, à une distance de plus de 300 kilomètres, la planète paraît courbée. Les êtres humains ont alors, grâce à cette nouvelle perspective, une meilleure idée des dimensions et de la courbure du globe sur lequel ils vivent. Cette nouvelle perspective montre que la Terre est un grain de sable dans un cosmos infini. La Terre est le seul endroit connu où la vie a pu se développer et se maintenir. L'ampleur du mouvement écologique actuel découle de l'image projetée par ces photos sur l'esprit du grand public. Les êtres humains peuvent maintenant visualiser la Terre. Elle était une petite planète bleue ; elle devenait un joyau fragile qu'il fallait à tout prix préserver ; elle était notre seul habitat. La perception d'un objet dépend donc du point d'observation de l'observateur. Il en est de même pour les systèmes perceptifs.

L'air qui entoure la planète Terre offre peu de résistance au mouvement des animaux et des objets. Il est transparent, porteur d'odeurs et de sons et sa fluidité permet aux animaux de le respirer pour en extraire de l'oxygène et y déposer les déchets de leur expiration. La fluidité de l'air permet aussi l'écoulement de certaines informations d'un émetteur vers un récepteur : il permet le passage de la lumière en provenance de sources lumineuses ou la diffusion de la lumière réfléchie provenant de diverses surfaces ; il permet le passage de nombreuses vibrations tels les sons et sert de médium à la propagation de substances volatiles qui émanent de

certaines objets. L'air est le médium qui permet aux systèmes perceptifs ou aux sens de la vue, de l'ouïe et de l'odorat d'être continuellement alimentés ou stimulés. En fait, ce sont ces stimulations aériennes, porteuses d'informations potentielles, qui alimentent nos systèmes perceptifs.

Une partie importante du sol est rigide et peut généralement supporter des objets relativement lourds. Cette partie est, comme nous l'avons déjà signalé, généralement plissée en raison des montagnes et des collines qui s'élèvent, tout au plus, à quelques kilomètres au-dessus des plaines et des plans d'eau. Par ailleurs, la surface solide de la Terre est en général recouverte d'arbres et de beaucoup d'autres végétaux dont la hauteur se mesure en mètres. Les herbes, les cailloux et les arbres morts ont une échelle qui est de l'ordre du centimètre. Finalement, les cristaux des minéraux et les cellules des êtres vivants ont des dimensions qui se mesurent en millimètres ou en unités encore plus petites. Ce sont sans doute les dimensions des choses qui permettent aux êtres humains d'acquérir le sens de la proportion et de développer la notion d'échelle ou de représentation à l'échelle.

Les matériaux solides sont plus familiers aux humains que ne le sont les liquides et les gaz. Les solides offrent généralement une grande résistance à la déformation ; résistance qui peut être mesurée. Cette caractéristique donne aux objets une forme qui habituellement change peu sous l'effet des forces ou des poussées. La rigidité de la surface de la Terre a sans doute eu une influence sur l'évolution de certains comportements humains. Par exemple, elle leur a permis de se tenir debout et de se déplacer d'un endroit à l'autre sans être continuellement obligés de ramper ou de nager.

Par ailleurs, les liquides sont des matériaux qui offrent peu de résistance au changement de forme, résistance qui est encore plus faible chez les gaz. Dans certaines conditions, un objet peut exister successivement sous trois états différents. L'état des matériaux dépend en fait de la température ambiante. À vrai dire, les minéraux, les roches, la plupart des solides et des liquides ainsi que l'air ne conservent leur état habituel qu'à l'intérieur d'un grand écart de température. Les solides ont un point de fusion très élevé alors que les gaz ont un point de congélation très bas. Par contre, l'eau peut exister sous trois états à l'intérieur d'une variation de cent degrés Celsius. Étant donné la haute teneur en eau des animaux, ceux-ci, à moins d'être protégés d'une façon quelconque, ne peuvent vivre très longtemps au-delà des limites de cet écart.

Toute substance, peu importe son état, est attirée vers le centre de la Terre par la force de gravité. Cette force est proportionnelle à la masse de cette substance. Cette loi, proposée par Newton il y a près de 385 ans, explique pourquoi la Terre est ronde et pourquoi elle nous semble plate

lorsque nous regardons sa surface à partir d'un point d'observation près de celle-ci. En fait, une surface horizontale n'est rien d'autre qu'une surface perpendiculaire à la ligne de gravité. La loi de la gravité explique non seulement pourquoi les corps tombent, mais pourquoi certains corps s'enfoncent dans l'eau. Elle explique aussi pourquoi l'air, l'eau et le sol sont disposés les uns par rapport aux autres dans l'ordre où ils le sont. Les matériaux, en tenant compte de la densité habituelle de chacun, auront tendance à se disposer dans un ordre qui va du solide (qui sera généralement en dessous des deux autres) en passant par le liquide, pour arriver au gaz (qui sera généralement placé sur les deux autres).

Le champ gravitationnel qui entoure chaque objet est ce qui permet aux objets de s'attirer les uns les autres. C'est cette force qui maintient la Terre autour du Soleil. C'est également cette force qui donne à chaque masse un poids qui varie en fonction de la position qu'elle occupe dans le champ gravitationnel autour de la Terre. C'est cette force qui permet de dire si nous sommes en mouvement, en position horizontale ou en position verticale par rapport à la Terre et qui stimule quelques-uns de nos systèmes perceptifs. C'est elle qui est responsable des marées, de la fatigue musculaire et de la chute des corps. La force gravitationnelle nous oblige à nous coucher lorsque nous voulons dormir, l'état d'éveil exigeant que nous soyons continuellement en équilibre par rapport à notre centre de gravité.

Tout comme les êtres humains, les animaux sont influencés par la gravité. C'est la gravité qui les attire vers le bas et qui les oblige souvent à se poser sur des substances solides de la Terre lorsqu'ils sont à la recherche d'équilibre. Les animaux, nous le savons, ont énormément évolué depuis que leurs ancêtres se sont libérés des eaux de la mer. Après des millions d'années, certains sont devenus des mammifères. Comme beaucoup d'animaux terrestres, ils ont développé durant ce périple des squelettes qui ne les obligent plus à ramper comme des vers de terre. Toutes les formes de vie, et non seulement les mammifères, sont influencées par la gravité. L'effet de la gravité atteint même les plantes, dont la tige principale pousse souvent parallèlement à la ligne de la gravité. C'est également la gravité qui est responsable du développement de la musculature des vertébrés et du système perceptif de l'orientation. C'est aussi elle qui crée une tension entre les muscles et les os de ces organismes et qui leur permet de sentir le poids, la traction et la poussée des choses. De même, c'est la gravité qui est responsable de la déformation des tissus externes de notre corps lorsque ceux-ci viennent en contact avec un objet rigide. La gravité est également responsable de nos sensations tactiles. Nous faisons appel à ce système perceptif à chaque fois que nous touchons les objets de notre environnement.

Un objet solide qui vient, un tant soit peu, en contact avec un animal déforme la surface externe ou la peau de cet animal. Il en est de

même pour les déformations qui résultent de la torsion, de l'étirement, du frottement, de la vibration, du roulement et du glissement de certains objets sur la peau des organismes vivants. Ce type de déformation a lieu quand l'objet entre en contact avec l'animal, et vice versa. C'est donc cette déformation mécanique qui est responsable de la stimulation des tissus d'un organisme vivant. Cette stimulation se réalise à un endroit précis du corps. Elle a une *intensité* que l'organisme est en mesure de déterminer et d'évaluer. En fait, l'analyse de cette déformation de la peau permet à l'organisme de réagir à ces contacts en se référant à des comportements déjà appris grâce au système perceptif du toucher.

L'air, contrairement à l'eau et aux solides, offre peu de résistance au déplacement des objets. Ainsi, certains animaux terrestres n'ont pas besoin d'une forme aérodynamique pour le traverser. Par contre, les poissons, qui doivent glisser dans l'eau et les oiseaux, qui doivent non seulement traverser l'air mais être supportés par lui, ont dû développer des formes qui offrent peu de résistance à leur mouvement dans ces fluides.

L'air est responsable de la diffusion de substances volatiles et est le siège de cycles importants (ex. : les cycles de l'oxygène et de l'eau). Ces cycles permettent aux composantes de l'air de se maintenir en équilibre les unes par rapport aux autres et à l'air de conserver dans le temps une composition qui est à peu près constante. Ainsi, les plantes fixent le gaz carbonique de l'air et y rejettent de l'oxygène. Les animaux ont besoin de cet oxygène pour respirer et émettent du gaz carbonique qui sert de nourriture aux plantes. Il s'agit d'un cycle qui montre l'interdépendance entre le règne animal, le règne végétal et le règne minéral. Par ailleurs, la chaleur favorise l'évaporation de l'eau dans l'air, tandis que le refroidissement permet la condensation, c'est-à-dire la transformation de cette vapeur d'eau en eau liquide. Les produits chimiques volatils sont déposés dans l'air par les animaux et les plantes, lors de la décomposition ou de l'oxydation de ceux-ci ou encore lors de l'émanation de produits industriels. Une fois déposés dans l'air, ces produits volatils sont distribués plus ou moins uniformément dans l'espace par le déplacement de l'air. Certaines de ces odeurs peuvent, si elles sont détectées, stimuler le système perceptif du goût et de l'odorat des animaux. Chaque animal émet autour de lui un nuage de vapeurs qui, à l'origine, faisait partie intégrante de son corps. Ces odeurs informent le système perceptif de l'odorat de la présence de certains animaux ou de plantes. C'est aussi le sens de l'odorat qui permet aux animaux de sentir le feu, la nourriture et la présence de certaines proies ou prédateurs. Les odeurs que perçoit le système perceptif de l'odorat sont souvent le déclencheur du comportement sexuel d'un animal. C'est donc la présence de substances étrangères dans l'air qui indique à un organisme récepteur attentif et intéressé la présence plus ou moins éloignée d'une source responsable de ces odeurs. Avec le temps, le

système perceptif de l'odorat d'un organisme devient capable d'extraire de l'air les stimuli appropriés, de les analyser et de réagir à leur présence.

Les animaux et les plantes doivent apprendre à identifier le potentiel nutritif des substances présentes dans leur environnement. Ils le font en détectant, à l'aide de leurs systèmes perceptifs, certains gaz, certains liquides, certains solides et certaines couleurs. L'identification et la sélection des aliments, du moins chez les animaux supérieurs, constituent un processus complexe appris grâce à l'expérience. Il existe pour chaque animal des substances naturelles qui vont le nourrir et d'autres que son système digestif ne pourra digérer. Le terme «nourriture» est donc relatif : un aliment digestible pour l'un peut être toxique pour l'autre. C'est en prenant contact avec l'objet, c'est-à-dire en le regardant, en le touchant, en le léchant et en le reniflant, que l'animal apprend à détecter le potentiel alimentaire de celui-ci. La perception des aliments chimiques présents dans un objet est donc le résultat d'un apprentissage réalisé par les systèmes perceptifs d'un organisme.

La planète Terre tourne sur elle-même autour du Soleil. Ainsi, chaque portion de celle-ci est périodiquement exposée aux rayons du Soleil. Du lever au coucher du Soleil, chaque région de la Terre est balayée par cet astre et est exposée au rayonnement électromagnétique émanant de celui-ci. Le spectre électromagnétique complet qui émane du Soleil n'atteint pas entièrement la surface de la Terre, une partie de ce spectre étant absorbée par l'atmosphère. De plus, seulement une partie du spectre qui se rend jusqu'à nous est perçue par l'organisme humain. Ce qui est perçu par l'être humain est la lumière qui constitue la bande intermédiaire du spectre électromagnétique entre celle des rayons ultraviolets et celle des rayons infrarouges. L'organisme humain perçoit également sous forme de chaleur certains rayons de grandes longueurs d'onde. Cette portion de la radiation électromagnétique permet aux plantes de croître, en déclenchant chez elles un processus appelé «photosynthèse». C'est ce processus qui permet aux plantes, d'une part, de fixer le carbone présent dans l'atmosphère et, d'autre part, d'assimiler les aliments nourrissants présents dans les sols.

La lumière émane à une très grande vitesse des objets incandescents. Généralement, elle traverse les gaz sans beaucoup de résistance, passe à travers les liquides qui offrent un peu plus de résistance et, la plupart du temps, ne réussit pas à traverser les solides. En entrant en contact avec une surface quelconque, une portion de la lumière incidente est réfléchi par elle, le reste étant absorbé par cette surface ou dévié à travers elle. Une surface foncée réfléchit une faible proportion de la lumière qui tombe sur elle et, par conséquent, en absorbe une portion importante. Une surface claire en absorbe peu et, par conséquent, réfléchit une grande proportion de la lumière incidente.

Seules les surfaces directement exposées aux rayons d'une source lumineuse sont éclairées par celle-ci. Les autres surfaces des objets reçoivent de la lumière indirecte ou réfléchi. Il en résulte que la plupart des surfaces autour de nous sont éclairées par une lumière ambiante réfléchi plutôt que par une lumière qui leur vient directement d'une source incandescente. Par ailleurs, la couleur des objets de notre environnement est fonction des couleurs du spectre électromagnétique qu'ils réfléchissent. Un objet jaune absorbe toutes les couleurs du spectre visible, sauf le jaune qui est réfléchi dans toutes les directions. C'est cette portion du spectre qui est captée par l'œil ou le système perceptif visuel et c'est pourquoi la lumière réfléchi d'un objet est porteuse d'information sur cet objet. Elle nous renseigne non seulement sur la couleur des objets mais sur d'autres caractéristiques de ceux-ci (ex. : sa texture, son âge, sa densité). La lumière provenant des étoiles informe l'astronome sur la composition chimique de celles-ci.

La chaleur provenant du Soleil a également un effet sur les animaux, étant donné qu'elle est directement responsable des fluctuations de la température sur la Terre. Ainsi, les êtres vivants doivent continuellement s'adapter aux variations quotidiennes de la température dues à la rotation de la Terre autour de son axe. Les fluctuations saisonnières, en raison de l'inclinaison de la Terre par rapport à son axe et aux positions qu'elle occupe sur son orbite par rapport au Soleil, donnent naissance à des cycles naturels qui influencent aussi les êtres vivants. Ces cycles, qui se rapportent à la variation de la température, aux changements des saisons ou au passage du jour à la nuit, ont une influence à la fois sur la chimie des animaux, sur les plantes et sur le comportement des êtres humains. Les oiseaux et les mammifères ont développé des habitudes migratoires ou d'hibernation ainsi que des mécanismes leur permettant de garder leur température constante lors des fluctuations de la température ambiante.

La déformation des objets produit des vibrations qui se propagent en s'éloignant de la source déformée. Chez les solides, cette déformation peut être le résultat d'une rupture, d'une torsion, d'une collision, d'un frottement ou d'une explosion. La déformation d'un liquide peut être causée par la turbulence à sa surface, le jaillissement d'éclaboussures et l'ébullition. La déformation des gaz se produit surtout lorsqu'on les force à passer rapidement à travers des espaces plus étroits. Les vibrations qui résultent de ces déformations se propagent à des vitesses qui dépendent de la densité du médium dans lequel elles se déplacent et d'après la température ambiante. Les trois états de la matière permettent donc aux sons de se propager à des vitesses différentes. L'intensité des vibrations dépend donc de la violence de la poussée ou du choc responsable de celle-ci. De même, la perception de la force d'un son diminue au fur et à mesure que le récepteur s'éloigne de la source ou de l'émetteur. L'intensité du son

perçu par l'oreille ou par le système perceptif auditif est, en fait, inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare la source et celle-ci.

Les déformations des objets peuvent être grandes ou petites et peuvent résulter d'un tremblement de terre, d'une explosion, d'une collision entre deux voitures ou du déplacement des feuilles d'un arbre par un vent léger. Le fait que nos systèmes perceptifs ne perçoivent pas certaines vibrations autour de nous ne signifie pas que ces vibrations n'existent pas. En fait, notre système auditif ne peut percevoir que quelques vibrations du spectre électromagnétique total, c'est-à-dire les vibrations se situant entre 20 et 20 000 cycles par seconde. Par ailleurs, les sons qui traversent les objets solides sont plus lents que les ondes lumineuses. Lorsque les sons sont réfléchis dans un espace plus ou moins clos, ils produisent parfois un écho qui communique de l'information sur les surfaces de l'objet responsable de cet écho.

Les animaux produisent souvent des sons qui les caractérisent. La vocalisation et les cris d'animaux sont des sources d'information qui permettent la communication entre plusieurs espèces. En plus de la vocalisation, les animaux produisent des sons qui les caractérisent (ex. : le picorement du pivert, le galop du cheval, le bourdonnement des abeilles). À tous ces bruits naturels s'ajoutent les bruits produits par les objets fabriqués. Il en résulte que les différents sons de notre environnement se propagent dans toutes les directions. Ce chassé-croisé produit parfois une cacophonie qui est irritante pour l'organisme récepteur. Cela s'explique par le fait que les sons ambiants ne ressemblent en rien à la lumière ambiante dont les rayons lumineux peuvent se croiser sans que l'information transmise soit altérée. Les champs sonores provenant de sources différentes se superposent de telle sorte qu'il est souvent difficile de détecter l'un d'eux parmi l'ensemble.

La présence de vibrations émanant d'une source quelconque signifie qu'il existe autour d'elle de l'information disponible aux systèmes perceptifs des animaux, information qu'ils peuvent détecter, puis décoder. L'information véhiculée par les vibrations est une réalité objective, au même titre que l'objet déformé qui est à la source de ces vibrations. Il en est de même pour la force responsable de cette déformation. La détection et l'interprétation de cette information pourront avoir une influence sur le comportement des animaux qui se trouvent sur le territoire inondé par ces vibrations.

Nous avons vu que les éléments physiques, chimiques, géologiques, astronomiques et biologiques de notre environnement peuvent stimuler les systèmes perceptifs des êtres humains et des autres animaux. Ces éléments sont responsables de la stimulation de nos systèmes perceptifs.

Mais d'autres possibilités de stimulation ou d'autres stimuli potentiels existent : les stimulations sociales et culturelles. Ces deux sources potentielles, quoique intéressantes, dépassent le but visé par le présent document. Les gestes des êtres humains, les mouvements de tête, les expressions du visage, le ton de la voix ainsi que ce que certains ont appelé «le langage du corps», sont également des sources de stimulation pour notre système perceptif. Il en est de même pour notre environnement culturel, qui est peuplé de divers éléments (ex. : langage, peintures, sculptures, œuvres musicales). Tous ces éléments culturels constituent des sources potentielles de stimulation ; stimulations qui atteignent régulièrement les systèmes perceptifs des êtres humains.

LES SYSTÈMES PERCEPTIFS

Les systèmes perceptifs proposés par Gibson (1966) sont des détecteurs activement à la recherche de stimulations. Ils sont actifs plutôt que passifs, c'est-à-dire qu'ils sont activement à la recherche d'information plutôt que des organes qui attendent d'être stimulés. Ces systèmes sont interreliés les uns aux autres et ce, contrairement à la description traditionnelle du fonctionnement des cinq sens, souvent présentés comme des entités indépendantes. Il existe cinq systèmes perceptifs, chacun ayant des activités qui lui sont propres. Le système d'orientation (le plus fondamental des cinq), le système auditif, le système tactile, le système du goût et de l'odorat et le système visuel. Chaque système perceptif, lorsqu'il est actif, donc lorsqu'il est attentif à l'environnement, s'oriente vers les stimuli de façon à recueillir de l'information de l'environnement. Pour obtenir le plus d'information possible, la tête, les mains, les oreilles, le nez, la bouche et les yeux doivent continuellement s'adapter et s'orienter par rapport à l'environnement. Ces ajustements se manifestent lorsqu'une personne porte plus d'attention à certains stimuli présents dans l'environnement ou qu'elle tente d'extraire puis de décoder toute l'information présente dans les sons, dans la lumière, dans les objets et dans les odeurs que ceux-ci dégagent. Les ajustements de nos systèmes perceptifs facilitent la cueillette d'information et l'obtention de perceptions claires et précises. Le tableau 4.1 vise à faire ressortir la nature et les caractéristiques des cinq systèmes perceptifs humains.

Ce tableau des systèmes perceptifs que propose Gibson (1966) s'applique à l'ensemble des mammifères. Il suggère cinq façons différentes d'obtenir de l'information de la nature. Ces appareils de détection, pour être efficaces, doivent continuellement être à la recherche d'information et non des récepteurs passifs qui attendent que les stimuli se manifestent. On constate que ces modes de détection sont actifs ou attentifs à l'environnement lorsqu'il y a ajustement et mouvement des

ensembles « yeux-tête », « oreille-tête », « main-corps », « nez-tête », et « bouche-tête ». Ces modes de détection cherchent à sélectionner ou à filtrer l'information présente dans la nature.

LA THÉORIE DE LA PERCEPTION DE GIBSON

Eleanor Gibson (1968, 1969), qui a étudié la notion de « perception », nous propose une théorie permettant de mieux comprendre les mécanismes de perception des structures des objets, des phénomènes, des événements et des situations lors de l'expérimentation de l'élève. Sa théorie de l'apprentissage perceptif prend appui sur la théorie des systèmes perceptifs développée par James J. Gibson (1966) et la complète.

L'apprentissage perceptif de Gibson ou l'amélioration de la capacité de percevoir les phénomènes naturels peut se résumer de la façon suivante : les objets, les phénomènes, les événements et les situations de notre environnement renferment toute l'information les concernant ; inutile de leur ajouter quoi que ce soit ou de les observer à l'aide d'un filtre que sont souvent les théories ou les préjugés. La théorie de l'apprentissage perceptif postule au départ l'existence, dans le « monde réel », d'une grande masse d'information qu'il s'agit de détecter puis d'extraire et d'interpréter. L'environnement naturel regorge d'une information à la fois variée et complexe, qui peut donner lieu à des perceptions diversifiées, complexes et significatives. Il n'est pas nécessaire, lors de l'étude de l'environnement naturel, d'ajouter quoi que ce soit aux stimulations provenant de celui-ci. Il n'est pas nécessaire, non plus, d'avoir une idée préconçue ou d'avoir en tête une théorie pour bien observer, car il s'agit à ce stade d'une observation spontanée et non d'une observation scientifique. Dans ce sens, l'apprentissage perceptif ou l'amélioration de la capacité de percevoir consiste à apprendre à détecter ou à extraire de plus en plus d'informations de l'environnement. Ce processus se réalise en identifiant, à partir des stimulations qui existent dans la nature, les traits distinctifs des objets, des phénomènes, des événements et des situations tout en rejetant ou en ignorant l'information non pertinente ou le « bruit ». L'apprentissage perceptif n'est donc pas une addition mais une réduction. Un environnement normal, selon la théorie de Gibson, contient plus d'information que ne peut capter ou enregistrer une personne à la fois. L'apprentissage perceptif est de ce fait surtout limité par la capacité d'attention d'une personne. Les capacités perceptives de celle-ci dépendent également de son éducation, de son expérience, de son stade de développement intellectuel et de l'acuité de ses systèmes perceptifs.

Au départ, une personne n'est capable de différencier et de sélectionner que les aspects les plus grossiers des stimuli qui s'offrent à elle.

TABLEAU 4.1
Les systèmes perceptifs

Nom	Modes d'attention	Anatomie de l'organe	Activité de l'organe	Stimuli disponible	Information obtenue
Système d'orientation	Être orienté vers	Les organes de l'oreille interne	Assure l'équilibre du corps	Force de la gravité et de l'accélération	Direction de la gravité, force de traction
Système auditif	Être à l'écoute de	L'auricule et l'oreille moyenne	Permet de s'orienter en rapport aux sons	Vibrations dans l'air	Nature et lieux des objets qui vibrent
Système tactile	Être en train de toucher	La peau et ses pores, les muscles, les tendons les articulations et les ligaments	Permet diverses explorations tactiles	Déformation des tissus et des articulations, étirement des muscles	Forme des objets, état des matériaux, températures, mouvements
Système du goût et de l'odorat	Être en train... - de sentir - de goûter	La cavité nasale La cavité buccale	Permet - de renifler - de savourer	Compositions des substances dans l'air Composition des objets ingérés	Nature des sources volatiles Valeur nutritive et biochimique des aliments
Système visuel	Être en train de regarder	Les yeux, les muscles des yeux, la tête et tout le corps	Permet d'explorer l'environnement Permet l'ajustement de la pupille	Variations de la structure de la lumière ambiante	Information concernant la structure optique des objets, événements, lieux, mouvements, animaux

[Adaption du tableau de J.J. Gibson (1966)]

Avec l'âge et la pratique, elle devient de plus en plus apte à détecter les propriétés les plus pertinentes des objets, des phénomènes, des événements et des situations. La différenciation perceptuelle s'accroît donc avec le temps. Mais qu'apprend donc la personne avec la pratique ? Elle apprend à reconnaître les traits distinctifs des objets, les invariants des phénomènes et des événements et les structures ou les lois qui gouvernent ceux-ci. Ainsi, l'apprentissage perceptif peut être défini comme une plus grande capacité qu'acquiert un organisme, capacité qui lui permet d'obtenir ou d'extraire de plus en plus d'information de son environnement. Cette plus grande capacité est atteinte grâce à la pratique, et le critère fondamental pour mesurer l'accroissement de cette capacité est la spécificité de plus en plus grande de l'information perçue. En résumé, lors de l'apprentissage perceptif, l'individu apprend à détecter, à partir des divers éléments du «monde réel », de plus en plus de propriétés, de structures, de traits distinctifs et d'invariants.

L'apprentissage perceptif est un processus qui permet d'améliorer la capacité de détecter l'information, processus autorégulateur qui se motive de l'intérieur, c'est-à-dire qui n'a pas besoin de la motivation extrinsèque. L'apprenant est ainsi renforcé chaque fois qu'il peut identifier par lui-même un invariant, un ensemble de traits distinctifs ou dégager une structure ou une loi qui réduit en des concepts généraux la grande masse d'information dégagée de l'environnement.

Perception des traits distinctifs

Un **trait distinctif** est un ensemble de propriétés que possède, par exemple, un objet et qui permet à un observateur de le distinguer des autres objets autour de lui. Il est en effet assez rare de pouvoir distinguer un objet complexe par une seule propriété. C'est pourquoi Gibson (1969), dans sa définition d'un trait distinctif, parle d'un ensemble de propriétés plutôt que d'une seule propriété. Les traits distinctifs des objets, des phénomènes, des événements et des situations **ne sont pas construits par le cerveau mais sont détectés directement de l'environnement par les systèmes perceptifs de l'observateur**. Un animal qui a quatre pattes n'est pas nécessairement une vache ; les chiens et les chats ont également quatre pattes. Mais un animal qui est poilu, qui possède quatre pattes, qui a des cornes sur la tête, qui est domestiqué, qui donne une grande quantité de lait et qui atteint à l'âge adulte une taille imposante a beaucoup plus de chance d'être une vache que d'être un chien. Il est possible, après avoir identifié une vache à l'aide d'un ensemble de propriétés, de distinguer celle-ci des autres vaches à l'aide d'autres propriétés comme la couleur, la forme des taches sur le corps, la taille ou la présence d'une cicatrice facile à observer... Ainsi, lors de l'observation d'objets concrets

en sciences de la nature au primaire, l'information nécessaire à la classification de ces objets et à l'identification des variables pertinentes découle de l'identification des traits distinctifs de ceux-ci.

Les traits distinctifs d'un objet, d'un phénomène, d'un événement ou d'une situation caractérisent vraiment ceux-ci et permettent de les identifier malgré les transformations qu'on leur fait subir. Ainsi, il doit être possible de reconnaître un phonème indépendamment de l'accent ou de l'intonation de la voix de l'émetteur, ou encore indépendamment de la tonalité ou de la force avec laquelle ce phonème est prononcé. En fait, seules les différences sont porteuses d'information susceptible d'être discriminée ou reconnue par un observateur attentif. Cette capacité de détecter les différences dans l'environnement n'est donc pas innée. Selon des études réalisées par Gagné et Gibson (1947), il est préférable de faire apprendre à des aviateurs les traits distinctifs des avions que de leur enseigner à les reconnaître dans leur globalité. Il serait donc plus économique d'enseigner les différences, c'est-à-dire des traits distinctifs, lorsqu'on souhaite faire reconnaître à l'élève un objet, un phénomène ou un événement quelconque. C'est grâce à ce mécanisme que les enfants apprennent, entre 6 et 8 mois, à différencier un visage adulte d'un autre. (Ahrens, 1954) De plus, la recherche se rapportant à l'apprentissage perceptif montre que les enfants de 4 ans éprouvent de la difficulté à distinguer certaines lettres de l'alphabet les unes des autres. Les enfants de 5 ou 6 ans ont encore beaucoup de difficulté, lors de la reconnaissance de certaines lettres de l'alphabet, à éliminer des facteurs non pertinents tels que la grosseur (ex. : les majuscules et les minuscules). Selon Gibson (1969), les enfants améliorent leur capacité à discriminer les lettres de l'alphabet jusqu'à 9 ans. Dans un domaine connexe, les caricaturistes utilisent ce principe de l'apprentissage perceptif et amplifient les traits distinctifs des personnages représentés tout en négligeant les traits non essentiels ou non discriminants. Il est alors possible de reconnaître d'un seul regard le personnage présenté même s'il n'est représenté que par quelques traits de crayon. Bref, c'est à partir des traits distinctifs des objets qu'on peut reconnaître puis nommer ce qu'on observe autour de nous.

Perception des invariants des relations

L'identification des traits distinctifs est une voie suivie par l'organisme lors de l'apprentissage perceptif. Une seconde voie est l'identification d'invariants entre les objets, les phénomènes, les événements et les situations. Cette voie est en quelque sorte un préalable au troisième type d'apprentissage perceptif, à savoir la perception des structures.

Les stimuli qui influencent les systèmes perceptifs se déploient dans l'espace et dans le temps. Cependant, certaines constantes ou invariants se manifestent malgré les transformations des stimuli. C'est la détection de ces invariants qui permet de percevoir la permanence des propriétés des objets, des phénomènes, des événements et des situations. Lorsque nous percevons un événement en train de se dérouler ou de se modifier sous nos yeux, il nous faut, pour s'assurer de la permanence des propriétés ou des traits distinctifs de ce phénomène, trouver en lui une unité ou une constance. Il nous faut extraire un invariant ou une relation qui unifie les divers aspects de ce phénomène. Par exemple, lorsqu'une voiture s'approche de nous, celle-ci n'est pas perçue d'une seconde à l'autre comme une voiture différente et ce, même si l'image projetée sur la rétine de l'œil varie continuellement. Cette voiture est perçue comme la même que celle observée au départ, et ce, même si elle se rapproche continuellement. L'observateur perçoit une relation entre les différentes positions de la voiture. Il apprend, très tôt, grâce à la pratique, à ignorer certaines transformations ou à compenser mentalement les changements observés sur la rétine. Cette compensation donne lieu à une abstraction qui se manifeste quand l'invariant d'une relation est dégagé d'un ensemble d'objets, de phénomènes, d'événements ou de situations.

Perception des structures

Nous avons vu déjà que ce qui est appris lors de l'apprentissage perceptif est la capacité de détecter avec de plus en plus d'acuité et de spécificité ce qui est présent dans l'environnement. C'est au cours de ce processus que certaines structures ou relations entre les traits distinctifs des objets, des phénomènes, des événements ou des situations apparaissent ou se manifestent. Ces structures, aussi appelés des «concepts», «principes» ou «lois», augmentent la capacité de détection d'un observateur, car celui-ci peut alors incorporer et traiter à l'aide de cette loi une plus grande masse d'information. C'est ainsi que l'observateur attentif apprend, avec le temps et la pratique, à détecter des structures chez certains objets, dans l'espace, dans les événements, dans les représentations et les symboles. La recherche de stimuli par les systèmes perceptifs ne prend fin que lorsqu'il y a réduction de l'incertitude ou du questionnement. C'est la loi ou la structure qui permet de réduire l'incertitude.

Si les traits distinctifs permettent de reconnaître puis de nommer les objets, les phénomènes et les événements de notre environnement, la perception des invariants et des structures permet de reproduire mentalement un objet, un phénomène, un événement ou une situation. La production de symboles ou de dessins en est un exemple.

QUELQUES PRINCIPES DIDACTIQUES

La théorie de la perception d'Eleanor Gibson (1968, 1969) permet de dégager un certain nombre de principes utiles à l'enseignant et à l'enseignante des sciences de la nature lorsque cet enseignement se réfère à des objets, à des situations, à des phénomènes et à des événements concrets.

Le premier principe qui peut être dégagé se réfère à la hiérarchisation des parties d'une activité d'apprentissage. Comme l'indique la théorie de Gibson, le premier aspect sur lequel il faut insister est la perception des traits distinctifs des objets, des phénomènes, des événements et des situations. Il est important, dans une démonstration ou une expérience, d'aider les élèves à dégager les traits qui distinguent les objets, les phénomènes et les événements les uns des autres. Il importe aussi d'aider les élèves à distinguer comment ou en quoi les choses et les situations sont différentes. C'est la phase dite de **discrimination**, une habileté à laquelle on fait appel au début de la démarche scientifique, c'est-à-dire au moment du questionnement de la nature (voir le tableau 2.1). Cette discrimination est en fait une observation spontanée ou naturelle, car elle ne cherche ni à répondre à une question scientifique, ni à vérifier une hypothèse préalable. Elle est une observation préalable au questionnement de l'élève, à l'identification d'un problème et à l'expérimentation.

La phase suivante cherche la similitude chez les objets, les phénomènes, les événements ou les situations. C'est alors qu'on cherche à identifier et à dégager les invariants entre les choses et les situations. Les invariants sont dégagés, par exemple, en observant le mouvement, en éloignant et en rapprochant ou en faisant tourner certains objets, en les regardant sous différents angles, en modifiant leur forme... C'est alors qu'on tente de dégager ce que les choses ont en commun, en cherchant ce qui est pareil ou ce qui est constant lors de certaines transformations. La perception de la similitude entre les objets, les phénomènes, les événements et les situations exige une observation spontanée minutieuse qui implique la comparaison de deux réalités distinctes. Il s'agit d'une habileté préalable à l'identification et au contrôle des variables. La recherche des différences et des similitudes sont aussi des préalables à la sériation, à la classification et à la mesure.

Tout enseignant voulant que les élèves se familiarisent avec la démarche scientifique devrait les inviter le plus tôt possible, lors d'une investigation, à discriminer et à chercher des similitudes d'une situation considérée. Il pourrait s'agir de la comparaison entre deux balles. Dans cet exemple, la première question à poser pourrait être « en quoi ces deux balles sont-elles différentes ? » puis « en quoi ces deux balles sont-elles pareilles ? » Ces balles pourraient être différentes quant à leur grosseur et pareilles lorsqu'on examine leur texture, leur couleur et la nature de leurs

matériaux. Dans un exemple un peu plus complexe, où l'on voudrait savoir si des œufs flottent différemment dans l'eau salée ou dans l'eau douce, les questions posées pourraient être alors : « Quelle expérience nous fournira une réponse à cette question ? » « Qu'est-ce qui devrait être différent dans cette expérience ? » « Qu'est-ce qui devrait être pareil dans cette expérience ? » C'est seulement après avoir répondu à ces questions que les élèves pourront, avec l'aide de l'enseignant, élaborer un protocole expérimental similaire à celui qui suit : **placer deux oeufs semblables dans des contenants identiques ayant chacun une même quantité d'eau et la même température, l'eau dans un contenant étant de l'eau douce et l'eau dans l'autre contenant étant de l'eau salée.** Pour élaborer ce protocole expérimental, les élèves auront répondu qu'une des caractéristiques de l'eau devrait être différente : une eau est salée ; l'autre douce. Ils devront aussi avoir répondu que toutes les autres caractéristiques devront être pareilles (ex. : grosseur des œufs, âge des œufs, quantité d'eau dans chaque contenant, température de l'eau, grosseur des contenants). On constate que ces deux questions ont permis d'identifier les variables et de préparer un protocole expérimental qui contrôle ces variables. La conclusion qui pourra être tirée sera d'affirmer si le sel ajouté à l'eau a une influence sur la flottaison d'un œuf.

La troisième phase du processus pédagogique qui découle de la théorie de Gibson est la **recherche de tendances, de structures ou d'un ordre qui gouverne les choses.** C'est alors que l'apprenant tente d'identifier les relations entre les éléments ou entre les parties d'un ensemble. C'est une première tentative de généralisation de l'information obtenue. Quand l'élève aura noté, au cours d'observations spontanées, les différences et les similitudes entre les objets, les phénomènes, les événements et les situations, il ou elle pourra parfois noter des tendances ou formuler une première généralisation. L'enfant pourra alors passer aux étapes suivantes de la démarche expérimentale, c'est-à-dire poser des questions, formuler des hypothèses ou identifier un problème (voir le tableau 2.1).

L'apprenant est renforcé chaque fois qu'il peut identifier un trait distinctif, dégager un invariant et extraire un concept, un principe, une loi ou une structure de son environnement et ce, même si ces derniers sont simples. Le renforcement interne, il faut le rappeler, est plus important lors de l'apprentissage perceptif que ne l'est le renforcement externe. Il est important, lorsque l'enseignant tente de discuter d'une question, d'une hypothèse ou d'un problème, de faire un retour sur ces trois phases (identification des traits distinctifs, des invariants des relations et du concept) surtout lorsque les élèves sont jeunes. L'apprentissage perceptif commence avant que les représentations permanentes des objets, des phénomènes, des événements ou des situations se développent chez les jeunes. C'est lorsque ces représentations sont en place qu'une théorie (ex. : la théorie constructiviste) pourra venir s'appuyer sur la théorie de l'apprentissage perceptif et la compléter.

Ce qu'il faut surtout retenir de la théorie de la perception de Gibson, c'est que l'élève a besoin de beaucoup de pratique pour développer la capacité de discriminer, c'est-à-dire pour trouver les différences et les similitudes entre les objets, les phénomènes et les événements de la nature de même que pour identifier les structures de ceux-ci. Il ne faut pas s'attendre à ce que les élèves aient développé plusieurs habiletés après seulement quelques investigations. L'apprentissage à l'observation et à l'expérimentation demande autant de temps que l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. Cependant, avec le temps, l'apprentissage perceptif, ou la capacité de bien percevoir les phénomènes naturels, devient de plus en plus développée. Les apprenants deviennent ainsi de plus en plus habiles à discriminer. L'attention de l'apprenant peut alors plus facilement se concentrer sur les subtilités des stimuli provenant de son environnement naturel. Ainsi, les enfants apprendront avec l'âge et la pratique à mieux percevoir ce qui les entoure et apprendront à extraire de l'information de plus en plus précise, de plus en plus riche et de plus en plus pertinente. Ces ajustements se manifesteront lorsque l'enfant portera plus d'attention aux stimuli présents dans l'environnement et qu'il ou elle tentera d'extraire puis de décoder toute l'information présente dans les sons, la lumière, les objets et les odeurs. La recherche de stimuli par les systèmes perceptifs ne prenant fin que lorsqu'il y aura réduction de l'incertitude ou du questionnement de l'élève.

LA NATURE ET L'IMPORTANCE DE LA MANIPULATION

Il y a plusieurs façons d'enseigner les sciences de la nature au primaire. Une de celles-ci, que nous rejetons, consiste à transmettre directement à l'élève un savoir structuré provenant de l'ensemble des disciplines des sciences de la nature. Selon cette formule pédagogique, l'enseignement est conçu comme la transmission de savoirs achevés, du maître vers l'élève ; l'apprentissage est conçu comme étant l'acquisition de ces savoirs par l'élève et les sciences de la nature comme formées d'un ensemble de savoirs organisés.

Les formules pédagogiques partent de conceptions différentes des sciences de la nature ; conceptions que nous avons présentées dans le premier chapitre du présent document. En résumé, une science de la nature peut être conçue comme :

- ◇ un ensemble organisé de savoirs interdépendants (structure conceptuelle ou savoir) ;
- ◇ une méthode de recherche pour saisir le réel et vérifier les savoirs dégagés de la nature (structure méthodologique ou savoir-faire) ;

- ◇ une attitude ou une disposition de l'esprit envers les savoirs objectifs et envers les méthodes pour obtenir et vérifier ces savoirs. C'est aussi un ensemble de valeurs qui se développent durant l'étude des sciences de la nature (structure attitudinale et axiologique ou savoir-être).

L'enseignement basé sur l'oral et l'écrit ou sur l'exposé du maître repose presque exclusivement sur le premier élément de la conception d'une science (un ensemble organisé de savoirs interdépendants). Par contre, l'enseignement basé sur l'investigation ou la manipulation concrète de l'élève fait intervenir les trois composantes de notre définition d'une science de la nature. Les modèles présentés au premier chapitre du présent document ont essayé de montrer comment se forment les liens entre la structure conceptuelle, la structure méthodologique et la structure attitudinale ou axiologique des sciences de la nature.

Comme nous l'avons signalé dans l'introduction, depuis plusieurs années, le renouvellement de l'enseignement des sciences fait l'objet d'un débat soutenu dans la plupart des pays industrialisés. On se rend compte de plus en plus que les enfants d'aujourd'hui ont besoin d'être initiés très tôt aux sciences de la nature et à la démarche scientifique. Selon Harlen (1991), plusieurs tentatives pour renouveler l'enseignement des sciences de la nature au primaire sont demeurées infructueuses. En effet, ces tentatives tenaient pour acquis que les enseignants accepteraient de changer leurs façons de faire sans avoir été consultés.

En dépit de toutes les recommandations faites sur l'enseignement des sciences de la nature au primaire depuis 25 ans, peu d'enfants du Québec reçoivent un enseignement des sciences fondé sur une approche expérimentale.

L'attitude des écoles envers les sciences de la nature est assez étonnante. Elle se limite, dans la très grande majorité des cas, à un apprentissage livresque. On n'enseigne pourtant pas la conduite automobile sans que l'apprenant ait à faire des exercices pratiques dans des conditions les plus variées. Il en est de même pour les apprentis cuisiniers. Qui oserait manger chez celui ou celle qui n'a jamais mis les pieds dans une cuisine ? Que dirait-on si ceux et celles qui veulent apprendre à nager n'avaient jamais accès à l'eau ? Quelle serait la valeur de la formation de ceux et celles qui souhaitent apprendre un métier, s'ils devaient limiter leur apprentissage à la lecture de livres sur ce métier ? Il ne peut en être autrement de l'enseignement des sciences. Les sciences de la nature, nous l'avons vu, sont non seulement une structure conceptuelle mais aussi une structure méthodologique et une structure attitudinale et axiologique. Un bon enseignement des sciences doit tenir compte de ces trois structures. L'apprentissage des sciences, au lieu d'être le visionnement d'un spectacle par l'élève, doit devenir une activité à laquelle il ou elle prend

part. L'enseignement des sciences doit viser autre chose que l'apprentissage du vocabulaire des sciences et doit se rapprocher le plus possible de sa nature et de ce que font les véritables scientifiques.

L'enseignement livresque ou celui de type « crayon et papier » exige moins de préparation, permet de maintenir une plus grande discipline et donne l'impression d'être plus facile à gérer. L'évaluation demande moins de temps de préparation, car elle invite la plupart du temps les élèves à reproduire ou à retransmettre ce que l'école leur a transmis. Ce type d'évaluation suscite souvent un sentiment d'ennui chez l'élève ainsi qu'un stress, car l'élève doit souvent répondre à des questions qu'il ou elle ne comprend pas. Un enseignement basé sur l'investigation et l'observation directe de l'élève est plus exigeant pour l'enseignant ou l'enseignante. De plus, ce type d'enseignement donne souvent lieu à une classe plus bruyante et parfois moins disciplinée et exige un certain matériel concret. Aussi, ce type d'enseignement place l'enseignant ou l'enseignante au centre d'une démarche dont le déroulement est parfois plus difficile à prévoir. Toutefois, il conduit à une meilleure compréhension et à un plus grand intérêt de l'élève.

QUELQUES RÉSULTATS DE RECHERCHE

De nombreuses études ont démontré que les élèves du primaire obtiennent de meilleurs résultats en ce qui concerne le rendement scolaire, le développement cognitif (habiletés intellectuelles, créativité, capacités de perception, développement logique) ainsi que l'acquisition d'attitudes positives envers les sciences lorsqu'on leur fait acquérir cette matière selon une formule pédagogique basée sur l'investigation.

Une recherche de Bredderman (1982) montre que les exposés donnent de moins bons résultats que la méthode d'enseignement favorisant la manipulation concrète de l'élève. Il a analysé les résultats de 57 recherches traitant de l'enseignement des sciences de la nature au primaire au cours d'une période de 15 ans. Ces recherches ont, au total, touché plus de 13 000 élèves et se sont déroulées dans plus de 1 000 classes. L'analyse de Bredderman montre que les élèves ayant réalisé des activités faisant appel à la manipulation concrète ont obtenu de meilleurs résultats que ceux dont les connaissances étaient transmises oralement ou à l'aide de textes écrits. Les résultats montrent qu'en moyenne les élèves initiés aux sciences de la nature par une formule pédagogique faisant appel à la manipulation concrète ont, dans beaucoup de cas, augmenté d'une façon substantielle leur rang centile¹ par rapport aux groupes «contrôle» (ceux

1. Un gain de 20 rangs centiles signifie qu'un élève moyen (rang centile 50) du groupe où il y avait manipulation aurait un rang centile 70 si on insérait son résultat dans un groupe contrôle (sans manipulation).

à qui les connaissances étaient transmises directement de l'enseignant vers l'élève): Les augmentations moyennes exprimées en rangs centiles ont été les suivantes:

- ◇ 20 rangs centiles relativement aux habiletés scientifiques reliées à la démarche scientifique ;
- ◇ 16 rangs centiles relativement à la créativité des élèves ;
- ◇ 11 rangs centiles relativement aux attitudes positives des élèves envers les sciences de la nature ;
- ◇ 10 rangs centiles relativement aux capacités de perception des élèves ;
- ◇ 10 rangs centiles relativement au développement logique des élèves ;
- ◇ 9 rangs centiles relativement au développement des connaissances relatives à la langue maternelle ;
- ◇ 6 rangs centiles relativement à l'acquisition de savoirs scientifiques ;
- ◇ 5 rangs centiles relativement aux connaissances mathématiques.

Les résultats de Bredderman montrent aussi que les élèves provenant de milieux socio-économiques défavorisés ont dans l'ensemble plus progressé que ceux de milieux plus favorisés, lorsque l'enseignement des sciences de la nature au primaire faisait appel à l'investigation de l'élève. Par exemple, lorsque l'on considère le développement d'habiletés scientifiques reliées à la démarche scientifique, les élèves provenant de milieux socio-économiques défavorisés ont amélioré leur performance de 34 rangs centiles par rapport à des élèves d'un milieu similaire mais ayant suivi des cours sans manipulation. Les élèves provenant de milieux dits favorisés ont aussi augmenté leur performance mais seulement de 17 rangs centiles. Pour ce qui est de l'augmentation des savoirs scientifiques, les élèves provenant de milieux socio-économiques défavorisés et ayant à manipuler durant leur apprentissage ont, en moyenne, amélioré leurs résultats de 20 rangs centiles par rapport à ceux qui n'avaient pas à expérimenter en classe. Cependant, les résultats des élèves provenant de milieux plus favorisés ont diminué de 4 rangs centiles par rapport aux enfants d'un milieu équivalent qui suivaient des cours selon des formules pédagogiques plus traditionnelles. En résumé, les élèves qui réalisent en classe des investigations scientifiques obtiennent dans l'ensemble de meilleurs résultats que ceux qui apprennent les sciences à partir de livres. Ils sont aussi plus performants au regard de certains aspects comme le développement d'habiletés intellectuelles, l'acquisition et la rétention de savoirs, les attitudes envers les sciences ainsi qu'un ensemble d'autres

traits. Ces résultats sont valables peu importe la grosseur de l'échantillon étudié, les caractéristiques des enseignants ainsi que celles de la plupart des élèves et l'année d'enseignement. Shymansky, Kyle et Alport (1983), dans une étude similaire à celle de Bredderman, de même que Kyle, Bonnstetter, Gadsdent et Shymansky (1988) et Shymansky, Hedges et Woodworth (1990) obtiennent des résultats similaires et arrivent à des conclusions semblables.

Les résultats de ces études sont en accord avec la théorie de Piaget ou avec le conception constructiviste voulant que les enfants obtiennent de meilleurs résultats quand on leur offre l'occasion de construire leurs propres connaissances à partir de situations concrètes. De plus, les études de Wollman (1976, 1978 et 1980) montrent que les expériences concrètes sont des préalables essentiels au développement de la pensée formelle. D'autres études, telles celles de Saunders et Shepardson (1987), arrivent aussi à cette conclusion lorsque les expériences réalisées sont bien structurées. Les expériences concrètes nous semblent d'autant plus essentiel-les que les jeunes d'aujourd'hui vivent dans des milieux urbains et ont de moins en moins de contact avec les multiples facettes du monde concret.

L'effet de la manipulation sur l'apprentissage des élèves du primaire avait déjà été pressenti par Piaget qui écrivait, en 1949: «A l'un des extrêmes se trouve la pensée principalement verbale, c'est-à-dire détachée de toute action et fonctionnant à l'occasion de simples spectacles, contemplés du dehors, ou même des discours d'autrui. A l'autre extrême se trouve la pensée instrumentale ou opératoire, fonctionnant à l'occasion de manipulations ou d'expériences et consistant à coordonner entre elles non pas seulement des paroles, mais surtout des opérations ou des actions. Or, tandis que cette seconde forme de pensée aboutit, entre 7 et 12 ans, à la constitution spontanée d'un certain nombre de notions cinématiques, mécaniques et même physiques fondamentales, sous une forme d'abord exclusivement concrète mais déjà rationnelle, la première forme de pensée n'engendre guère que des représentations plus ou moins mythiques et encore fort éloignées des modes de raisonner proprement scientifiques. »

BIBLIOGRAPHIE

- Ahrens, R.** (1954). Beiträge zur Entwicklung des Physiognomie - und Mimikerkennes, cité par Eleanor J. Gibson dans *Principles of Perceptual Learning and Development*, New York, Appleton-Century-Crofts.
- Bredderman, Ted** (1982). « What Research Says: Activity Science - The Evidence Shows it Matters », *Science and Children*, vol. 20, pp. 39-41.
- Gagné, R. et James J. Gibson** (1947) « Research on the Recognition of Aircraft », dans *Motion Picture Training and Research*, Washington, U.S., Government Printing Office.
- Gibson, Eleanor J.** (1969). *Principles of Perceptual Learning*, New York, Appleton-Century-Crofts.
- Gibson, E.** (1968). «Perceptual Learning in Educational Situations », *Learning Research and School Subjects*, Itasca, Illinois, Peacock Publishers, Inc.
- Gibson, James, J.** (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Boston, Houghton Mifflin Company.
- Harlen, Wynne** (1991). *Assessing Science in the Primary School: Observing Activities*, Londres, Paul Chapman Publishing Ltd.
- Kyle, W.C. et al.** (1988). « What Research Says about Hands-on-Science », *Science and Children*, vol. 27 (2), pp. 39-40.
- Manning, P.C. et al.** (1982). «How Much Elementary Science Is Really Being Tought ? », *Science and Children*, mai.
- Piaget, Jean** (1988). *Où va l'éducation ?*, Paris, Denoël/Gonthier.
- Piaget, Jean** (1949). *Remarques psychologiques sur l'enseignement élémentaire des sciences naturelles* (XII^e Conférence internationale de l'instruction publique convoquée par l'UNESCO et de B.I.E.).
- Saunders, W.L. et al.** (1987). « A Comparison of Concrete and Formal Science Instruction upon Science Achievement and Reasoning Ability of Sixth Grade Students », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, pp. 39-51.
- Shymansky, J.A. et al.** (1990). «A Reassessment of the Effects of Inquiry-based Science Curricula of the 60's on Student Performance», *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27 (2), pp. 127-144.
- Shymansky, J.A. et al.** (1983). «The Effects of New Science Curricula on Student Performance», *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 20 (5), pp. 387-404.
- Wollman, W.T. et al.** (1980). «An Analysis of Premature Closure in Science and Development Stages », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 17, pp. 105-114.
- Wollman, W.T. et al.** (1978). «The Influence of Instruction on Proportionnai Reasoning in Seventh Graders », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 15, pp. 227-232.
- Wollman, W.T. et al.** (1976). «Encouraging the Transition from Concrete to Formal Cognitive Functioning—An Experiment », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 13, pp. 413-420.

CHAPITRE

5

L'approche constructiviste et les sciences de la nature

Malgré les désaccords que pourraient marquer de nombreux professeurs et psychologues quant à la nature exacte du processus éducatif, il est certains principes d'étude sur lesquels la plupart des éducateurs s'entendent.

Alvin C. Eurich (1962), de la Fondation Ford, les a résumés comme suit:

- 1 - Tout ce qu'un étudiant apprend, il doit l'apprendre par lui-même ; personne ne peut apprendre à sa place.*
- 2 - Chaque étudiant apprend à son rythme propre et les différences de rythme d'étude dans chaque catégorie d'âge sont considérables.*
- 3 - Un étudiant apprend mieux quand chaque acquisition nouvelle est immédiatement étayée ou renforcée.*
- 4 - Une compréhension complète plutôt que partielle de chaque étape donne un sens à l'étude de l'ensemble d'un sujet.*
- 5 - Quand on lui donne la responsabilité de sa propre éducation, l'étudiant se sent plus motivé: il apprend et retient mieux.*

(Ivor K. Davies, 1976)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes:**

- Qu'est-ce que le constructivisme ? Quelle est sa nature ?
- Quelle est l'utilité du constructivisme en sciences de la nature au primaire ?

INTRODUCTION

Une présentation exhaustive du constructivisme dépasse largement le but du présent document. Nous ne présenterons ici que les aspects de cette théorie de la connaissance qui sont utiles et compatibles à notre démarche. Nous présenterons la perspective constructiviste parce qu'elle permet de justifier la conception dominante et la pratique souhaitée en sciences de la nature. Pour en savoir davantage, il suffit de se référer aux nombreux écrits sur le sujet.

Le constructivisme est une théorie très en vogue parmi ceux et celles qui font la promotion des sciences de la nature. C'est une théorie qui semble prometteuse et qui pourrait donner un envol nouveau à une matière qui a, jusqu'ici, eu beaucoup de difficulté à s'établir dans les écoles primaires. Elle pourrait aussi permettre de réformer cette matière. Elle serait, de ce fait, un guide puissant dans cette réforme, qu'il s'agisse du renouvellement de l'enseignement, de la conception, de l'élaboration et de l'implantation d'un programme de sciences de la nature ou encore de la formation des enseignants dans le domaine des sciences de la nature. Le constructivisme a donc un grand potentiel. Seul le temps dira si cette théorie peut réaliser cette promesse.

Pour certains, le constructivisme est une philosophie ou une idéologie générale. Pour d'autres, elle est une épistémologie ou encore une théorie de la connaissance. Certains parlent d'un constructivisme radical, certains autres d'un constructivisme social ou socioculturel et d'autres d'un constructivisme piagétien. Cette théorie est présentement très générale, d'où le nombre impressionnant d'étiquettes qu'on lui attribue.

Le constructivisme est très en vogue depuis 20 ans dans certains milieux pédagogiques. Cette théorie de la connaissance est, en fait, un amalgame de plusieurs théories distinctes et de points de vue différents ; la plus importante contribution étant celle de Jean Piaget. Cependant, les apports d'Ausubel, de Kuhn et de Vygotski nous semblent également importants. Cette théorie est tellement populaire actuellement dans le domaine de l'enseignement des sciences de la nature que cela devient inquiétant pour ceux et celles qui ont déjà vécu d'autres mouvements populaires. Il suffit de se rappeler l'importance qu'on accordait aux objectifs pédagogiques dans les années soixante. Il était alors quasi impossible d'assister à un congrès ou à une réunion portant sur l'éducation sans en entendre parler et sans se faire dire qu'ils étaient la solution à une bonne partie de nos problèmes. Les programmes actuels du ministère de l'Éducation, qui regroupent au primaire plus de 2000 objectifs distincts, reflètent cette conception behavioriste de l'éducation qui voulait tout prévoir à l'avance. Et pourtant, beaucoup de problèmes présentés alors demeurent. En éducation, il faut toujours se méfier d'une

tendance ou d'une théorie qui semble faire l'unanimité ou qui semble trop prometteuse.

L'action éducative est plus complexe et plus difficile qu'on ne le croit généralement. Ce serait faire preuve d'une bien grande naïveté que de croire qu'une doctrine qu'on ignorait hier et qu'on reniera peut-être demain est aujourd'hui la seule voie. Ce serait enfin une faute grave que de croire ou de vouloir faire croire qu'on peut abandonner la difficile tâche d'éduquer à l'arbitraire d'une croyance, d'une dévotion ou à la popularité d'une seule théorie. On doit toujours s'interroger sur les fruits d'une théorie avant de l'ovationner.

LA NATURE DU CONSTRUCTIVISME

La théorie du constructivisme moderne a été lancée par l'œuvre monumentale de Jean Piaget. Elle part de la question «Comment un enfant peut-il connaître ? » On peut résumer la réponse traditionnelle à cette question par ce qui suit.

Un enfant peut connaître quand celui qui sait déjà (généralement un adulte) communique ou transmet ce qu'il sait à cet enfant, c'est-à-dire à celui qui ne sait pas. Ainsi, apprendre, c'est assimiler une connaissance qui avait d'abord été maîtrisée par quelqu'un d'autre avant de la lui transmettre. L'enfant tente alors de se faire une copie mentale de ce que lui transmet celui qui sait avant de l'incorporer dans sa structure cognitive. Pour savoir si l'enfant a compris, on lui demande de reproduire et, exceptionnellement, d'appliquer ce qui lui été transmis et on compare cette reproduction avec ce qui lui avait été transmis au départ. L'élève apprend ainsi à se satisfaire de la répétition de réponses correctes ou de réponses attendues. Plus la réponse de l'apprenant est similaire à ce qui lui avait été transmis au départ, plus elle est perçue comme bonne et plus on croit que l'élève a bien appris. L'apprentissage par cœur devient alors la forme d'apprentissage la plus courante, et la compréhension, l'application et l'interprétation deviennent des conséquences secondaires de cet apprentissage. Si l'apprenant ne peut répéter ce qui lui a été transmis, cela devient un problème de communication. Il suffit alors de transmettre différemment, c'est-à-dire de communiquer le message avec moins d'ambiguïté. Un bon élève est celui qui est capable de dégager rapidement d'un message transmis toute l'information qui s'y trouve. Dans ce contexte, un programme d'études est constitué d'un ensemble structuré de connaissances ou d'objectifs que l'élève devra maîtriser en bout de course. Le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante est de mettre en place toutes les conditions qui faciliteront l'apprentissage de l'élève, c'est-à-dire qui lui permettront de reproduire et d'appliquer ce qu'on lui a transmis.

L'évaluation consiste à comparer l'adéquation entre le message de l'émetteur et celui du récepteur.

Il n'est pas nécessaire d'être psychologue pour se rendre compte que la transmission complète d'un savoir, d'un savoir-faire, d'une attitude ou d'une valeur d'une personne à l'autre est une entreprise illusoire. Il y a toujours une perte ou un écart entre les deux réalités. Celui ou celle qui reçoit le message n'a pas la même expérience ni les mêmes connaissances que celui ou celle qui transmet. Il suffit d'avoir fait partie d'une chaîne circulaire de transmission d'une quinzaine de personnes, où chaque personne transmet silencieusement un court message à son voisin. Lorsque le message revient au point de départ, il est souvent complètement modifié. Il devient alors apparent qu'il est très difficile de faire passer une idée d'une personne à une autre. De toute évidence, la signification qu'une personne accorde à certains mots est rarement la même pour une autre. Que dire aussi de la signification véhiculée par l'ordre de présentation des mots «la nature des sciences» et «les sciences de la nature» ? L'élève n'a pas la même expérience que l'enseignant ou l'enseignante ce qui signifie que son interprétation des mots lui est souvent particulière ou «idiosyncrasique».

Il faut préciser que la théorie constructiviste n'est pas une méthode d'enseignement mais une théorie qui s'intéresse à l'activité cognitive de l'apprenant. Selon cette théorie, l'être humain construit sa connaissance et cette connaissance n'a de sens que si elle lui est utile à court et à moyen terme. On n'apprend véritablement que lorsqu'on a un problème à résoudre. Dans ce contexte, apprendre, c'est souvent remplacer une idée par une autre ; c'est abandonner une idée pour une idée plus puissante, plus significative et plus prometteuse parce qu'elle explique plus de phénomènes et d'événements ou encore parce qu'elle représente mieux une situation donnée. Les apprenants n'abandonnent en fait les connaissances antérieures que lorsque le nouveau savoir est plus pratique, c'est-à-dire lorsqu'il lui permet de mieux se débrouiller aujourd'hui et dans un avenir immédiat. Toute personne veut se tirer d'affaire dans la vie de tous les jours ; c'est là sa source d'intérêt pour continuer à apprendre. D'après Glasersfeld (1994), l'apprentissage cherche à élaborer des structures cohérentes (des connaissances) et non contradictoires. Une personne tire ses connaissances de la réalité vécue et de ses expériences. Et ses expériences sont subjectives bien que, dans la plupart des cas, l'interaction sociale l'oblige à négocier les connaissances acceptées par l'ensemble (revoir notre définition de l'éducation au chapitre 3). Une personne cherche, en construisant ses connaissances, à générer un monde de plus en plus prévisible. Lors de la construction de connaissances, une personne ne cherche pas nécessairement la vérité mais à construire des concepts qui soient simples et aient pour elle un grand pouvoir explicatif.

Le constructivisme part du postulat que les connaissances ne sont pas transmissibles, qu'elles sont construites et négociées par l'apprenant. L'apprentissage ne peut être envisagé comme un canal de transmission ayant un émetteur à un bout et un récepteur à l'autre bout. L'apprenant est donc l'architecte de ses propres connaissances. Selon Kuhn (1983), la connaissance est une construction de l'esprit et toute observation qu'une personne effectue dépend de ce qu'elle sait déjà. Cette perspective s'oppose à celle acceptée depuis Auguste Comte (1798-1857), qui croyait que les observations étaient neutres, c'est-à-dire qu'elles n'étaient pas affectées par les connaissances actuelles des observateurs. La doctrine philosophique de Comte prit le nom de positivisme. Elle était à la fois hostile à la métaphysique et désireuse de fonder la connaissance sur des faits objectifs. L'opposition entre ce que nous appelons le positivisme et le postpositivisme n'est pas récente, car d'après Glasersfeld (1988), grand prêtre du constructivisme radical américain, l'hypothèse constructiviste est une idée qui circule depuis des siècles. Selon lui, cette idée remonterait même à Socrate et aurait été très bien décrite par le philosophe Giambattista Vico qui vécut au XVII^e siècle. Ainsi, on pense depuis longtemps qu'une personne ne décrit pas le monde tel qu'il est véritablement mais s'arrange pour que sa description et l'interprétation qui en découle soient conformes à ses idées actuelles. Elles doivent lui permettre de poursuivre ses buts. Ainsi, on ne voit pas le monde tel qu'il est mais tel qu'on le conçoit. Et ce qu'on conçoit n'est pas totalement objectif mais plutôt teinté par les connaissances qu'on possède déjà. Le constructivisme est donc une philosophie postpositiviste. Les psychologues contemporains avaient également pressenti quelques-unes des implications du constructivisme. Par exemple, c'est Ausubel (1968) qui disait dans la toute première page de son volume de plus de 500 pages: « S'il fallait réduire tout ce que nous enseigne la psychologie de l'apprentissage à un seul principe, je vous dirais: le facteur unique ayant le plus d'effet sur ce qu'apprendra l'élève est ce qu'il sait déjà. Assurez-vous d'abord de l'état de ses connaissances actuelles et enseignez-lui en conséquence. » Il s'agit d'une idée forte s'il en est une.

Selon l'approche constructiviste, la construction des connaissances ne conduit pas nécessairement à un savoir qui sera similaire ou qui est complètement conforme à ce que pensent ceux qui « savent déjà ». L'apprentissage est une démarche continuelle à laquelle l'apprenant prend part, démarche continuelle où il se réfère à l'information provenant de son environnement pour construire des concepts ou des représentations qui tiennent compte de ses connaissances et de ses expériences. Cette construction peut également être influencée par les buts de l'apprenant et par sa motivation. Ainsi, même si chaque personne construit ses propres connaissances, elle ne le fait pas en l'absence d'autres personnes ou dans des situations complètement neutres. Cette construction se

fait en présence d'autres personnes et tient compte de ce qu'elles pensent. Ainsi, le sens qu'une personne donne aux concepts est négocié par les membres de son entourage (ou communauté de validation). Cette validation se réalise par l'entremise d'interactions sociales tout en se référant au champ culturel de ces membres. Le fait que les concepts soient des constructions ne signifie pas pour autant que tout est acceptable ; cela ne signifie pas non plus que certaines conceptions ne sont pas supérieures à d'autres. Certaines idées sont plus puissantes et expliquent plus que d'autres. C'est alors que la communauté de validation des apprenants doit questionner, discuter, mettre en doute, vérifier, etc., certaines idées proposées.

King et Brownell (1966) avaient décrit le comportement de cette communauté de validation. Il s'agit, pour eux, d'une communauté d'êtres humains ayant entre eux un problème commun ou une affinité intellectuelle. Dans cette communauté, la connaissance est le résultat d'un travail d'équipe. Mais il serait inexact de prétendre que tous les membres sont en accord complet. Ils ont comparé la connaissance dégagée à une grande maison où ont lieu, dans chacune des pièces, des activités partiellement indépendantes, mais reliées à un même problème. Quelques occupants travaillent à solidifier les fondations, d'autres à la construction du faîte. Les membres de la communauté se rassemblent de temps à autres sous la direction d'un chercheur principal pour entendre décrire leurs succès ou leurs échecs ; pour être sensibilisés aux questions, aux problèmes, aux conceptions et aux démarches des autres. Mais la maison change continuellement. Parfois, de nouvelles pièces sont ajoutées, d'autres sont remises à neuf, certaines sont mêmes abandonnées. Les membres de la communauté prêtent une oreille attentive aux développements qui se font dans les autres pièces et participent périodiquement aux divers débats qui ne tardent pas à se manifester. À l'intérieur de chaque groupe, des membres ont parfois des préoccupations différentes. Alors que les uns mettent l'accent sur la signification des connaissances acquises, d'autres critiquent les méthodes retenues et les matériaux utilisés, d'autres encore réfléchissent sur l'application des connaissances dégagées ou font le bilan de leurs activités, d'autres sont plus actifs à concevoir et à réaliser des expériences.

Les constructivistes croient que les élèves se présentent en classe en ayant en tête des idées sur plusieurs phénomènes naturels. Lors d'une expérience ou d'une démonstration, tous les élèves viennent en contact avec le même phénomène mais leurs conceptions préalables influencent les observations scientifiques qu'ils réalisent et, par conséquent, les connaissances qu'ils construisent. Les connaissances préalables des élèves résultent de leur interaction antérieure avec l'environnement et tiennent compte des influences multiples qu'ils ont eues avec leur milieu culturel. Deux élèves peuvent, par conséquent, percevoir un même phénomène

naturel différemment. Dans une investigation, il y a interaction entre les élèves, l'enseignant et le matériel utilisé. Toutes ces interactions ne conduisent pas aux mêmes constructions ni aux mêmes modifications de la structure cognitive des élèves. Seules les interactions qui produisent chez l'apprenant un dialogue interne peuvent permettre la construction d'une nouvelle représentation. C'est au cours des interactions avec ses pairs que l'élève peut venir à considérer ses idées comme non satisfaisantes ou non complètes. Ces interactions peuvent lui fournir l'occasion d'évaluer ses propres connaissances et ainsi l'inciter à modifier ses connaissances antérieures pour tenir compte de certaines données.

En résumé, les observations scientifiques que font les élèves sont influencées par leurs connaissances préalables et leurs expériences antérieures. A la suite des interactions avec leur environnement, ils et elles réorganisent leur pensée. Les concepts construits par les élèves peuvent également être influencés par leur interaction avec les autres élèves, l'enseignant et le matériel en place. L'apprentissage ne donne pas nécessairement lieu à des correspondances harmonieuses entre les idées de l'élève et celles que possèdent « ceux qui savent ». L'apprentissage a lieu quand les représentations de l'apprenant sont cohérentes à ses yeux et qu'elles lui sont utiles. De plus, d'autres facteurs sociaux jouent un rôle important dans tout changement de la structure cognitive d'une personne. Ainsi, il devient naïf de considérer un programme d'études comme un corps organique de faits et d'habiletés qu'il est important de transmettre et de faire apprendre. Si on admet qu'une personne construit ses connaissances, il est peut-être plus juste de se représenter un programme d'études comme une série de tâches et de démarches. Ainsi, le programme ne présente plus ce qui doit être appris mais propose des activités, des tâches, des matériaux et des ressources qui permettront à l'élève de construire ses propres connaissances. Tout ce qui se passe en classe devient plus complexe lorsqu'on le voit sous l'angle du constructivisme. De ce point de vue, les apprenants ne sont pas des êtres passifs, mais des intervenants actifs responsables de leur apprentissage ; chacun apportant aux activités scientifiques ses conceptions préalables. La construction de concepts a souvent lieu lors d'une discussion, d'une délibération ou d'une négociation. Les connaissances ne sont donc pas des entités prédéterminées et indépendantes des personnes mais des réalités construites par chacun de nous. Le constructivisme n'influence pas seulement le comportement des apprenants mais aussi celui des enseignants, car ceux-ci arrivent en classe avec des conceptions préalables de la matière à enseigner, de l'apprentissage, de l'enseignement et de l'évaluation, conceptions qui influencent la façon dont ils se comportent en classe. Si l'enseignement n'est pas une transmission de savoirs du maître vers l'élève, comment alors le décrire ? Dans ce contexte, l'enseignement est la mise en place de situations et l'organisation de tâches qui favorisent l'apprentissage. De ce point de vue, les connaissances n'existent pas en dehors de l'apprenant ; on ne

peut les lui transmettre directement. Chaque apprenant doit construire ses propres connaissances, ce qui signifie que l'enseignant ou l'enseignante devrait proposer moins et guider plus.

L'apprentissage, selon Piaget, est un processus où l'apprenant construit activement ses connaissances d'où le nom de «constructivisme ». Le constructivisme part d'un certain nombre de postulats:

- ◇ Toute connaissance est construite.
- ◇ Les connaissances construites ne représentent pas nécessairement la « réalité », voire ce qui est accepté par la communauté scientifique.
- ◇ Tous les concepts de notre environnement social et culturel ont été construits ; les sciences sont donc des réalités construites.
- ◇ Toute connaissance est négociée. Les représentations qu'on développe résultent d'une délibération et, par conséquent, sont filtrées par l'environnement social et culturel de l'apprenant.
- ◇ Les connaissances ne peuvent être construites par une personne agissant seule. Elles doivent être partagées, évaluées, validées et approuvées par une société dite de validation.
- ◇ Tout enseignement et apprentissage doit tenir compte de l'interaction de trois éléments distincts: l'apprenant, l'objet d'apprentissage et le milieu social.

LE CONSTRUCTIVISME ET LES SCIENCES DE LA NATURE

Le constructivisme est une théorie de la connaissance qui convient tout à fait bien à l'enseignement des sciences de la nature. Cette approche peut facilement servir de modèle pour expliquer plusieurs aspects inhérents à la démarche de l'élève dans l'enseignement des sciences de la nature basé sur l'expérimentation de l'élève. L'approche constructiviste, on le sait maintenant, préconise la participation active de l'apprenant dans son apprentissage. Il ne peut alors s'agir de transmettre directement un savoir de l'enseignant vers l'enseigné. En fait, un enseignant ou une enseignante qui favorise l'investigation de l'élève est, par définition, un constructiviste. C'est pourquoi la plupart des chercheurs en pédagogie des sciences de la nature ont si facilement adhéré à l'approche constructiviste.

Selon la perspective constructiviste, les enseignants doivent tenter d'identifier les connaissances préalables des élèves, proposer des connaissances alternatives et les amener à expérimenter afin de permettre la

construction de concepts. Les discussions, les échanges et les explications verbales qui font suite aux expériences peuvent aussi être des outils facilitant ces constructions.

Selon Glasersfeld (1994): «Si les connaissances ne sont pas transmissibles et qu'elles doivent être construites individuellement par les élèves, cela ne veut pas dire que l'enseignement devrait se passer du langage mais plutôt que le rôle du langage devrait être conçu différemment. On ne parle plus avec l'intention de faire parvenir ses idées (comme de petits paquets emballés dans des mots) aux receveurs, mais on parlera pour «orienter» l'effort constructif des élèves. Cependant, pour orienter quelqu'un, il faut d'abord trouver un point de départ. Même les enfants de six ans n'ont pas la tête vide. Ils ont vécu, ils ont fait des expériences, et ils ne peuvent interpréter ce que fait ou dit l'enseignant ou l'enseignante que selon les interprétations empiriques et opérations qu'ils ont élaborées auparavant. Par conséquent, il est indispensable que l'enseignant ou l'enseignante ait en tête ce que nous appelons un modèle du réseau conceptuel de l'élève. Évidemment, ce modèle est et restera hypothétique parce qu'on ne peut jamais entrer dans la tête d'autrui. »

Ce point de départ dont parle Glasersfeld est ce que nous appellerons plus loin les connaissances préalables des apprenants. L'enseignant doit prendre en considération ce que l'élève sait déjà ou croit savoir. Sans cela, on ajoute du neuf sur du vieux et c'est souvent le vieux qui, en bout de ligne l'emporte. Lors de la construction d'un nouvel édifice sur l'emplacement d'un ancien, on prend beaucoup de précautions à déterrer les anciennes fondations pour voir si elles peuvent encore servir. On ne procède pas tête baissée à sa construction pour s'apercevoir que les anciennes fondations nuisent à son édification. Ainsi, il faut dans tout enseignement tenir compte de la pensée actuelle des élèves. C'est ce qui conduira l'élève à une compréhension active, car il ne sera pas seulement actif physiquement mais aussi intellectuellement quand il essayera de réconcilier l'ancien et le nouveau ou de remplacer l'ancien par du nouveau. Le chapitre 7 sera consacré exclusivement aux connaissances préalables des élèves.

Les expériences réalisées en classe par les élèves du primaire seront un autre aspect favorisant la construction des connaissances. Les enseignants pourront avoir une idée des connaissances dégagées de ces investigations en prenant part continuellement à la réalisation de celles-ci et en posant continuellement des questions aux élèves. Ces questions pourront orienter les recherches des élèves et les aider à mieux cheminer dans leur apprentissage. Comme nous l'avons vu, le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante dans l'investigation de l'élève est de suggérer des pistes, de guider, d'ouvrir des fenêtres et parfois de provoquer. Les questions peuvent être un excellent moyen d'y arriver. Le chapitre 9 sera consacré à l'art de poser des questions aux élèves.

Les connaissances, selon l'approche constructiviste, doivent être négociées. Nous préconisons la formation de petits groupes d'élèves pour réaliser les investigations en classe. C'est lors de l'interaction sociale des élèves que les connaissances scientifiques peuvent être négociées. Le chapitre 10 sera consacré à l'apprentissage coopératif en sciences de la nature au primaire.

Les activités de sciences de la nature au primaire doivent favoriser l'action de l'élève sur des objets concrets et non seulement sur des représentations symboliques (mots, textes, chiffres et schémas). A cet égard, le rôle principal de l'enseignant ou de l'enseignante est de mettre en place les moyens pédagogiques qui favorisent la participation active de l'élève. L'action de l'élève ne se limite pas à la manipulation des objets en présence. Il lui faut aussi tirer, pousser, étirer, souffler, presser... Ces actions, il va de soi, ne sont pas sans but. L'activité mentale des enfants peut être favorisée si on les invite à parler de leurs découvertes ou de la démarche suivie. Ces actions peuvent, semble-t-il, favoriser l'intégration des concepts et leur mise en relation avec d'autres concepts.

Pour un constructiviste, la connaissance ne réside pas dans les objets, ni dans l'apprenant mais provient de l'interaction entre ceux-ci. La connaissance ne part des sens pour s'imprimer directement dans le cerveau. Pour que la connaissance puisse se développer, l'élève doit agir physiquement sur les objets, les phénomènes, les événements et les situations, puis raisonner sur les données obtenues. De son action, l'élève obtient de l'information et doit la mettre en relation avec ce qu'il ou elle sait déjà. Pour construire la connaissance, il n'est pas suffisant d'observer, il faut pouvoir agir sur les choses pour voir les effets de ces transformations.

Chez Gibson (1969), les perceptions (l'information) partent des sens pour être interprétées par le cerveau. Il n'y a pas à ce stade de contradiction entre le constructivisme et la théorie de l'apprentissage perceptif de Gibson que nous avons présentée au chapitre précédent. Là où les deux théories sont en désaccord, c'est au niveau de l'effet des conceptions préalables. Gibson croit que la perception des objets se fait sans l'intermédiaire d'une conception préalable. L'apprentissage perceptif n'est pas une addition ou une réorganisation comme le préconise le modèle constructiviste, mais une réduction. En d'autres termes, ce que l'enfant voit dans l'environnement n'est pas fonction de ce qu'il sait déjà ou de ses connaissances préalables. D'après Gibson, toute l'information se trouve déjà dans l'objet. La personne avec la pratique et en étant plus attentive perçoit de plus en plus de choses de l'environnement. Une attention plus grande et mieux dirigée ainsi que la pratique font que l'apprenant perçoit de plus en plus, ce qui facilite alors l'apprentissage perceptif. Il nous semble évident que ce mode d'apprentissage n'est valable que pour les très jeunes enfants ou pour des enfants d'âge scolaire au moment d'observations spontanées. Par la suite, quand les enfants seront plus âgés, leurs capacités

perceptives seront plus tributaires de ce qu'ils savent déjà. On peut lire au chapitre précédent: « Les capacités perceptives d'une personne dépendent également de son éducation, de son expérience, de son stade de développement intellectuel et de l'acuité de ses systèmes perceptifs.

Gibson admet donc que la perception peut dépendre, à un certain âge, de ce que l'élève sait déjà. Le tableau 2.1, que nous avons présenté au chapitre 2, montre que les aspects reliés à l'apprentissage perceptif (l'observation spontanée, la perception de similitudes, de différences et de tendances) se retrouvent surtout au début de la démarche que nous proposons, c'est-à-dire quand l'enfant est jeune et quand il n'a pas encore développé une idée précise sur un sujet donné. Par la suite, au cours d'une investigation ou d'observations scientifiques, les conceptions préalables jouent un rôle fondamental. Ainsi, en passant de la théorie de Gibson au constructivisme, on passe de la perception à la réflexion.

La présence des conceptions préalables ne s'explique pas par le constructivisme. Alors d'où viennent-elles ? Comment se sont-elles formées ou construites ? La théorie de l'apprentissage perceptif semble expliquer leur provenance. La théorie constructiviste commence donc, semble-t-il, quand la théorie de l'apprentissage perceptif cesse d'être utile. Elles ne fonctionnent pas au même niveau. Pour Montessori (1958), la connaissance part des sens pour s'imprimer dans le cerveau. L'éducation de Montessori est plus un exercice des sens qu'un exercice de la pensée et rejoint en ce sens la théorie de Gibson. En résumé, nous croyons que ces deux théories se complètent. La théorie de Montessori et celle de Gibson nous aident à voir comment et dans quelles conditions on peut développer les sens ou les systèmes perceptifs, moyens d'extraire de l'information de notre environnement en l'absence d'idées préconçues. Le constructivisme est utile pour nous aider à comprendre comment l'élève apprend quand il questionne la nature, formule à son sujet une ou plusieurs hypothèses, conçoit un protocole expérimental, réalise une expérience en accord avec ce protocole, interprète les données obtenues et tire une conclusion pour tenir compte des données dégagées. C'est alors que l'élève pourra dégager des concepts et voir les conséquences de ceux-ci.

L'approche constructiviste permet de dégager un certain nombre de principes pédagogiques qui ont été proposés par Confrey (1993) et que nous avons adaptés à notre démarche. Voici quelques principes qui peuvent servir de guide à tout enseignant en sciences de la nature.

- ◇ Il est important, au cours d'une discussion d'un problème ou d'une investigation de l'élève, de s'inspirer du langage de l'élève. Par la suite, quand les concepts seront en place, il sera souhaitable de passer du langage de l'élève à un langage scientifique.
- ◇ Il est important de suivre attentivement le cheminement de l'élève en mettant autant que possible de côté ses convictions.

- ◇ Il est important d'encourager les manifestations d'autonomie de l'élève.
- ◇ Il est important de demander des clarifications et de reformuler autant que possible les énoncés de l'élève dans un langage qu'il comprend.
- ◇ Il est important d'éviter de prononcer des jugements de valeur, sauf lorsqu'ils sont favorables à la méthode utilisée par l'élève.
- ◇ Il est important de ne pas donner l'impression d'être quelqu'un qui ne fait que transmettre aux élèves des bonnes réponses.
- ◇ Il est important de faire en sorte que les élèves demeurent confiants tout au long de l'investigation et s'engagent à fond dans la démarche expérimentale.
- ◇ Il est important de permettre à l'élève de repérer ses erreurs et ses contradictions.
- ◇ Il est important de permettre à l'élève de s'engager dans des voies différentes de celles prévues par le protocole expérimental adopté et de lui fournir le matériel nécessaire pour y parvenir.
- ◇ Il est important de donner à l'élève suffisamment de temps pour réfléchir, discuter, reformuler et, s'il y a lieu, de reprendre l'expérience.
- ◇ Il est important de prévoir à la fin de l'investigation du temps pour discuter les réponses dégagées et les conclusions induites.

BIBLIOGRAPHIE

- Ausubel, D.P.** (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*, New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Confrey, J.** (1993). «Learning to See Children's Crucial Challenges in Constructivist Reform », *Constructivist Perspective in Science and Mathematics*, Washington, American Association for the Advancement of Science.
- Davies, I.K.** (1976). *L'art d'instruire*, Suresnes, France, Éditions Hommes et Techniques.
- Gibson, Eleanor J.** (1969). *Principles of Perceptual Learning*, New York, Appleton-Century-Crofts.
- Glaserfeld, R. von** (1994). « Pourquoi le constructivisme radical ? », *Revue des sciences de l'éducation*, vol. XX (1), pp. 21-27.
- Glaserfeld, R. von** (1988). *Environment and Communication*, Communication présentée à la Conférence internationale des éducateurs en mathématiques, Budapest, Hongrie.
- King, A.R. et J.A. Brownell** (1966). *The Curriculum and the Discipline of Knowledge: A Theory of Curriculum Practice*, New York, John Wiley and Sons.
- Kuhn, T.** (1983). *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.
- Montessori, M.** (1958). *Pédagogie scientifique, la découverte de l'enfant*, Bruges, Desclée de Brouwer.
- Vygotski, L.S.** (1985). *Pensée et Langage*, traduction de Françoise Sève, Paris, Terrains/Éditions Sociales.

CHAPITRE

6

Vers une pédagogie de l'enseignement des sciences

À travers l'histoire, et presque partout à travers le globe, les hommes ont vécu, se sont reproduits et ont créé une certaine forme de culture. En toutes circonstances et en tous lieux, ils ont trouvé leurs moyens de subsistance et quelque chose de plus. Des civilisations sont nées, elles ont fleuri et, dans la plupart des cas, ont décliné et péri. Il n'y a pas lieu ici de discuter des causes de leur disparition, mais nous pouvons penser qu'il a dû se produire une rupture de ressources. Dans la plupart des cas, de nouvelles civilisations ont surgi, sur le même sol, ce qui serait tout à fait incompréhensible si c'étaient les ressources matérielles qui, seules, avaient soudain fait défaut par le passé. Comment de telles ressources auraient-elles pu se reconstituer ?

L'histoire tout entière ainsi que l'expérience quotidienne souligne le fait que c'est l'homme, non la nature, qui fournit la ressource de base.

Le facteur clé de tout le développement économique est le fruit de l'esprit humain. Tout soudain, on assiste à une explosion d'audace, d'initiative, d'invention, d'activité constructive, et ce, non pas dans un champ unique, mais dans plusieurs champs à la fois.

*Personne ne peut dire ce qui est à l'origine de cette explosion.
Mais l'on peut voir comment elle se maintient et même s'affirme:
grâce à diverses écoles, en d'autres termes, grâce à l'éducation.*

*Nous pouvons donc affirmer que l'éducation est,
au sens propre, la plus vitale de toutes les ressources.*

*Si la civilisation occidentale connaît un état de crise permanente,
il n'est pas exagéré de penser qu'il pourrait bien y avoir quelque chose
qui ne va pas dans son système d'éducation.*

(E.F. Schumacher, 1978)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes:**

- Quels sont les principaux modes d'enseignement des sciences de la nature au primaire ? Quelles sont les principales caractéristiques de chacun de ces modes ?
- Quelles sont les principales phases de la pédagogie des sciences de la nature au primaire ? Quelles sont les principales caractéristiques de chacune de ces phases ?
- Quelles sont les principales variables à considérer dans la mise en place d'une pédagogie de l'investigation en sciences de la nature au primaire ?
- Outre la pédagogie de l'investigation, quelles autres formules pédagogiques pourraient être considérées dans l'enseignement des sciences de la nature au primaire ?

INTRODUCTION

La formule pédagogique principale proposée dans le présent chapitre sera celle de l'**investigation guidée**, c'est-à-dire une activité scolaire faisant appel à la manipulation concrète de l'élève sous la direction et la supervision d'un enseignant ou d'une enseignante. Cinq autres formules pédagogiques seront brièvement présentées: le coin d'observation, le tableau d'affichage, l'exposé, la démonstration et l'excursion. L'investigation guidée se réalise dans une ambiance de **découverte guidée** plutôt que dans un contexte de **découverte autonome** où l'élève **reçoit l'information** transmise par le maître (voir le tableau 6.1). L'investigation guidée présuppose qu'il existe, tout au long du processus d'apprentissage de l'élève, une interaction dynamique entre les élèves et l'enseignant ou l'enseignante. La théorie d'Ausubel (1968, 1978) fournit une toile de fond permettant de comprendre cette interaction.

Ausubel distingue l'**apprentissage significatif de l'apprentissage mécanique** qui sont, pour lui, les deux pôles extrêmes d'un même continuum. Lors de l'apprentissage significatif, l'apprenant tente de relier les connaissances qu'il souhaite acquérir aux connaissances pertinentes déjà en place dans sa structure cognitive. Ces connaissances emmagasinées constituent ce que nous avons appelé ailleurs les connaissances préalables de l'élève. Par contre, lors de l'apprentissage mécanique, les nouvelles connaissances sont mémorisées, c'est-à-dire incorporées arbitrairement dans la structure cognitive de l'apprenant sans entrer en interaction avec les connaissances pertinentes déjà en place.

Par ailleurs, ce qui est à apprendre peut être transmis directement de l'enseignant vers l'apprenant ou «découvert» par l'élève. Dans le premier cas, l'élève reçoit l'information de l'enseignant ; dans le deuxième cas, il la reçoit directement de la nature. Théoriquement, cette «découverte» peut être guidée ou autonome. Cependant, la découverte autonome, dans un contexte scolaire, relève plus du mythe que de la réalité ; elle ne peut véritablement se manifester qu'au cours d'une recherche véritable visant la production de connaissances nouvelles (recherche scientifique visant à construire des connaissances jusqu'alors inconnues). C'est pourquoi nous croyons devoir opter, dans le contexte de l'enseignement des sciences de la nature au primaire, pour une formule pédagogique de découverte guidée, car celle-ci semble favoriser chez l'élève une meilleure appropriation des connaissances nouvelles. Celle-ci nous semble aussi plus appropriée aux capacités intellectuelles de l'élève que la découverte autonome, qui pourrait être réservée aux activités d'un club scientifique par exemple.

Le tableau 6.1, une adaptation d'un tableau proposé par Novak (1984), permet de visualiser les relations possibles entre les deux pôles extrêmes du processus d'acquisition de connaissances proposé par

Ausubel (1968) et trois stratégies d'enseignement distinctes. Ce tableau fournit un cadre permettant de choisir une stratégie d'enseignement, d'une part, en fonction du processus d'acquisition des connaissances qu'on souhaite privilégier et, d'autre part, en tenant compte des principales caractéristiques des sciences de la nature. Ce tableau vise à situer le type d'enseignement préconisé dans le présent document au regard des deux variables du continuum d'Ausubel. Il veut aussi faire réfléchir sur divers facteurs pouvant rendre les apprentissages en sciences de la nature plus significatifs. Dans ce tableau, l'investigation de l'élève est considérée comme un apprentissage significatif réalisé dans un contexte de découverte guidée. Il est à noter que l'apprentissage de faits se trouve vis-à-vis l'apprentissage mécanique qui se réalise dans un contexte où l'enseignant transmet et l'élève reçoit des concepts achevés.

TABLEAU 6.1
Processus d'acquisition de connaissances
en fonction de trois stratégies d'enseignement

		Modes d'enseignement visant la		
		réception d'information	découverte guidée	découverte autonome
	l'appren- tissage signifi- catif	Explication de concepts, de relations	Investigations guidées dans un contexte scolaire	Recherche scientifique, innovations en arts et en architecture
Processus d'acqui- sition de con- naissances axés sur...		Exposés bien montés ; étude de ma- nuels scolaires	Textes auto- didactiques bien conçus	Production intellectuelle routinière
	l'appren- tissage méca- nique	Table de mul- tiplication ou apprentissage de faits	Solution de problèmes à l'aide de formules	Solution de problèmes par essais et erreurs

[Adaptation d'un tableau proposé par Novak (1984)]

LES MODES D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Une analyse rapide du tableau 6.1 permet de dégager plusieurs possibilités relatives à l'enseignement des sciences au primaire. L'apprentissage significatif réalisé dans un contexte de découverte guidée basé sur

L'investigation de l'élève prend sa source dans les objets, les phénomènes et les événements de l'environnement et s'adresse directement à la nature pour l'inviter à nous livrer ses secrets les plus intimes. Ce mode d'enseignement permet à l'élève d'extraire de la nature des données de première main qui l'aideront à construire des concepts et à formuler des principes scientifiques tout en développant chez lui des habiletés, des attitudes et des valeurs scientifiques. Ce mode d'enseignement dit de découverte guidée est décrit dans la première colonne du tableau 6.2.

TABLEAU 6.2
Comparaison de trois modes d'enseignement des sciences
Trois modes d'enseignement des sciences

<i>Enseignement centré sur l'objet ou le phénomène et axé sur l'acquisition de savoirs et de savoir-faire obtenus grâce à l'approche expérimentale.</i>	<i>Enseignement centré sur l'enseignant et axé sur la transmission de savoirs de celui-ci vers l'élève, sans que ce dernier ait eu à expérimenter.</i>	<i>Enseignement centré sur le manuel et axé sur l'utilisation, par l'élève, d'un cahier de sciences sans qu'il ait obtenu de la nature des données de première main.</i>
---	--	--

L'enseignant doit posséder une compétence pratique reliée à l'expérimentation de l'élève. Il doit être capable d'organiser des situations ou des expériences qui permettront aux élèves de dégager eux-mêmes des conclusions. Il ne lui est cependant pas nécessaire de posséder une connaissance profonde de la matière à enseigner. Dans ce contexte, l'objet ou le phénomène devient la source de l'apprentissage de l'élève. L'enseignant doit être préparé à prendre des décisions concernant les divers aspects de la démarche scientifique de l'élève et préparer le matériel nécessaire à l'expérimentation de l'élève.

L'enseignant, dans ce contexte, doit avoir acquis une bonne connaissance de ce qu'il souhaite transmettre à l'élève. Ce savoir est multidisciplinaire étant donné que les connaissances à transmettre se rapportent à la biologie, à la chimie, à la physique, à la géologie, à l'astronomie et à l'écologie. L'enseignant devient le centre de tout ce qui se passe en classe. C'est lui qui pose les questions ; c'est lui aussi qui fournit les réponses. L'élève doit avoir la capacité d'assimiler des savoirs transmis verbalement. Les savoir-faire et les attitudes que permet de dégager la manipulation sont alors absents.

Il n'est pas nécessaire que l'enseignant ait une grande connaissance ni des sciences, ni de la démarche expérimentale des sciences de la nature. L'activité de l'élève se limite à cocher dans un cahier d'apprentissage de sciences un certain nombre d'énoncés, à inscrire des noms dans des tableaux et à remplir les espaces prévus à cette fin. L'enseignant, dans ce contexte, n'a qu'à se référer au livre du maître. L'élève doit être capable de fournir des réponses plausibles aux interrogations posées et ce, même s'il n'a jamais observé l'objet ou le phénomène qu'on lui présente ou qu'on soumet à sa compréhension.

Un deuxième mode d'enseignement, axé sur l'apprentissage de savoirs scientifiques, prend sa source dans les explications verbales de l'enseignant ou de l'enseignante ainsi que dans les textes écrits qui cherchent à transmettre directement à l'élève ce que le programme souhaite lui faire apprendre. Ce mode d'enseignement des sciences, que nous appelons « parole et papier » est un mode d'enseignement où l'élève reçoit l'information par un exposé du maître ou par la lecture de textes écrits.

Un troisième mode d'enseignement, qui ressemble au précédent, invite l'élève à compléter un cahier de sciences ou d'« apprentissage ». Ce mode d'enseignement est dit de « crayon et papier ». L'élève coche certains énoncés, complète ou inscrit certaines phrases dans un espace prévu à cette fin. Ce cahier devient la source des savoirs à apprendre. Il est à noter que ces deux dernières approches font rarement appel à l'expérimentation de l'élève, bien que cela ne soit pas exclu.

Nous croyons que l'enseignement des sciences basé sur l'investigation de l'élève est l'occasion rêvée pour rendre l'élève responsable de son apprentissage. Ce type d'enseignement lui permet aussi de mieux comprendre son environnement que l'enseignement centré exclusivement sur la transmission de savoirs achevés par l'enseignant. Le but de l'éducation scolaire, après tout, n'est pas de rendre l'élève dépendant de l'enseignant mais de lui montrer comment il peut arriver à apprendre seul. Le rôle de l'école est de faire en sorte que l'élève devienne capable de traiter logiquement les questions les plus diverses, de solutionner les problèmes auxquels il sera confronté toute sa vie et de comprendre le plus possible son environnement tant naturel que culturel.

LES ÉLÉMENTS D'UNE PÉDAGOGIE DES SCIENCES

La formule pédagogique qui semble la plus appropriée à la nature et aux caractéristiques des sciences, tout en étant en harmonie avec la théorie de l'apprentissage perceptif de Gibson (1969) et la perspective constructiviste, est celle favorisant l'investigation de l'élève. Mais attention ! Une classe où les élèves s'amuse follement et manipulent abondamment n'est pas nécessairement un indice d'un enseignement de qualité. En fait, toute activité en classe doit constituer pour l'apprenant une occasion de chercher à comprendre et de formuler des idées nouvelles. Par le fait même, cette activité doit chercher à favoriser la communication des participants et faciliter la construction de concepts nouveaux. L'école est un lieu d'apprentissage et non un terrain de jeux. Il ne faut pas confondre activisme et éducation. Et, à la suite de Alain (1868-1951), qui avait si bien dit que « bercer n'est pas instruire », nous pourrions dire qu'« amuser n'est pas instruire ».

La pédagogie de la manipulation ou de l'investigation repose sur le grand intérêt qu'ont généralement les enfants de tout âge pour les objets, les phénomènes et les événements de leur environnement. Dès qu'un objet apparaît, la plupart des enfants ont une envie folle de le regarder, de le toucher, de le sentir et de le transformer. Les objets qui les entourent constituent en fait, pour les enfants, une invitation à la manipulation et à la compréhension de la nature.

Quel est donc le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante dans le cadre d'une pédagogie de l'investigation guidée et de l'apprentissage significatif ? Son rôle, bien que très complexe, peut se résumer en quelques énoncés.

1. Dans l'apprentissage des sciences de la nature au primaire, l'enseignant doit insister, d'abord et avant tout, sur la compréhension ou sur ce qui est significatif pour l'élève et le moins possible sur l'apprentissage « par cœur » ou mécanique. Cela ne signifie pas qu'il faut bannir complètement le « par cœur », mais qu'il faut plutôt lui conserver sa juste place.
2. L'enseignement des sciences au primaire doit tendre vers un équilibre entre l'acquisition de savoirs scientifiques, d'habiletés intellectuelles et de laboratoire, d'attitudes et de valeurs scientifiques. Il s'agit d'aider l'élève à acquérir des éléments provenant des trois structures qui caractérisent les sciences de la nature.
3. En sciences de la nature au primaire, l'investigation et l'engagement personnel de l'élève sont essentiels à son apprentissage. Les investigations scientifiques ne doivent donc pas devenir des spectacles que l'élève contemple du dehors ; élèves et enseignant doivent ensemble participer à la recherche de significations nouvelles. L'enseignement des sciences au primaire ne vise pas en premier lieu à transmettre des savoirs déjà achevés. Une telle conception crée chez l'apprenant une attitude de « Je suis ici pour apprendre, enseigne-moi ». En fait, l'apprentissage des sciences de la nature, dans son sens le plus profond, présuppose une démarche dans laquelle l'apprenant s'engage à fond. Chaque activité devient alors une lutte intellectuelle à laquelle participent tous ceux et celles dont la curiosité a été piquée au vif par un problème stimulant ou par une question qui frappe leur imagination. La pédagogie de la manipulation peut donc devenir, par le fait même, une pédagogie de l'étonnement ou du conflit cognitif.
4. L'enseignant devrait continuellement et presque sans restriction encourager les enfants à examiner, à analyser, puis à tenter de comprendre les phénomènes qui les entourent. L'élève qui ne

cherche pas à comprendre ce qui l'entoure que ce soit parce qu'il s'en sent incapable, parce qu'il a démissionné ou encore parce qu'il préfère laisser l'initiative à d'autres, accepte à l'avance qu'une grande partie du monde lui soit incompréhensible.

5. Au cours d'expériences de sciences de la nature au primaire, l'enseignant doit mettre à la disposition des élèves des matériaux variés présentés dans diverses situations. Ces expériences diversifiées feront naître chez l'élève le désir de comprendre et lui fourniront un bagage de «référents» concrets à partir duquel il pourra construire des concepts stables ; concepts qui pourront lui servir de connaissances préalables dans des apprentissages futurs.
6. Le matériel utilisé en sciences au primaire doit être simple, facile d'accès et peu coûteux. L'élève pourra ainsi continuer ou refaire certaines investigations à la maison. Un matériel simple permet aussi de démythifier la conception qu'ont certains élèves des sciences de la nature selon laquelle il faut un matériel complexe et coûteux pour réaliser des expériences véritables.
7. Au cours d'activités de sciences au primaire, il ne faut surtout pas surcharger l'élève et exiger de lui des résultats qu'il est incapable de fournir. Une surcharge a généralement pour conséquence de diminuer l'intérêt de l'élève pour les sciences de la nature, car elle l'oblige à se contenter de réponses superficielles et approximatives. Dans l'enseignement des sciences de la nature, il est souhaitable de postuler l'apprentissage d'un plus petit nombre de concepts et de principes et de fournir à l'élève le temps de réfléchir sur les données obtenues de l'investigation et sur la valeur des connaissances construites. Un tel contexte permet non seulement de construire des concepts stables, mais de développer des habiletés, des attitudes et des valeurs scientifiques qui dureront toute une vie.
8. Les sciences de la nature au primaire doivent préparer les enfants à traiter intelligemment divers problèmes liés à la vie courante. Cette capacité s'acquiert plus facilement quand on crée en classe des conditions favorables à la recherche véritable, à la responsabilité et à l'autonomie intellectuelle de l'élève. Le rôle de l'enseignant, dans ce contexte, est de créer un climat favorable à l'apprentissage. Il ne faut jamais oublier qu'en dernière analyse, c'est l'enfant qui doit concevoir, expérimenter, analyser et apprendre.
9. Pour que l'élève puisse devenir un expérimentateur autonome, l'enseignant doit chercher à développer chez celui-ci certaines habiletés manuelles (ex.: la manipulation de certains objets et instruments, l'assemblage de certaines pièces ou parties d'un

tout, l'utilisation de certaines techniques) et certaines habiletés psychomotrices. Les habiletés psychomotrices, utiles dans l'investigation scientifique, comprennent aussi des habiletés liées à la lecture et à la calibration d'instruments de mesure, à l'ajustement de certains appareils, au mélange de certaines substances, à la manipulation de certains outils ou appareils, à la capacité de disséquer certains animaux, à l'utilisation de certains appareils et instruments sans les briser ou se blesser.

10. Les concepts construits ne doivent pas demeurer isolés mais s'incorporer dans des idées directrices, des thèmes ou des schèmes conceptuels les plus généraux possibles et ce, afin de former un réseau bien organisé de concepts scientifiques à la fois puissants et plus faciles à retenir.
11. La construction du savoir scientifique doit continuellement être guidée par une démarche scientifique la plus simple possible (revoir le tableau 2.1). Selon cette démarche, il faut d'abord amener l'élève à **questionner la nature** qui l'entoure. C'est alors que l'enseignant tente d'identifier ce que l'élève sait déjà, qu'il l'invite à se poser des questions, à situer le problème et à formuler une hypothèse qui devra être vérifiée durant l'investigation. Vient ensuite la **cueillette des données**. C'est alors que l'élève élabore une procédure expérimentale, observe, mesure, identifie et contrôle les variables et qu'il expérimente. La troisième étape est **l'étude des données**, où l'élève organise et compare les données, série, classe, induit, prédit et vérifie. Finalement, l'élève doit tenter **d'expliquer les données obtenues**. C'est alors qu'il interprète, élabore des modèles, déduit, communique, évalue et applique. Il est bien entendu que l'enseignant et l'élève ne sont pas obligés de suivre cette démarche d'une façon rectiligne. Par exemple, il est possible de proposer une définition opératoire au début du questionnement de la nature et de poser des questions après avoir tenté d'expliquer les données.

LES ÉTAPES DE LA PÉDAGOGIE DES SCIENCES

Considérations générales

Pour beaucoup d'élèves, ce qui est enseigné à l'école est plus souvent qu'autrement dissocié de la réalité quotidienne. Ce qu'ils et elles apprennent a souvent peu de signification pour eux et a ainsi peu de chances d'être retenu longtemps ou d'être appliqué à des situations concrètes. Pour que l'élève considère la matière présentée comme valant la peine d'être

apprise, il faut s'assurer qu'il aura la possibilité de comprendre son contenu et, par conséquent, qu'il aura le temps de réfléchir sur la nature, la portée et la signification de ce qu'on lui demande d'assimiler. Pour qu'une telle éventualité se produise, il est souhaitable que l'élève ait la chance de participer à la confection de ses propres connaissances (ex.: participer à l'élaboration des protocoles expérimentaux et à l'analyse des données dégagées de l'expérience qu'il vient de réaliser) et cela, même si cette démarche exige plus de temps qu'un simple exposé ou une « transmission » directe d'une connaissance de l'enseignant vers l'enseigné. Ce qui importe en éducation, c'est rarement la quantité de notions acquises mais leur qualité, c'est-à-dire leur signification, leur stabilité, leur pertinence et leur utilité.

Nous devons modifier l'atmosphère de la classe afin de permettre à l'élève de penser. La pensée ne se développera que si on encourage la persévérance de l'élève, et si l'école lui alloue le temps de raisonner. Par contre, la pensée de l'élève a peu de chances de se développer si on juge trop rapidement ses réponses ou si on ne fait que souligner ses mauvaises réponses. Souvent, les concepts les plus importants se développent s'ils sont accompagnés d'explications et d'exemples, s'ils sont appliqués, si les questions et les problèmes soulevés ne semblent pas avoir de solutions évidentes et si les réponses demandent plus qu'une simple mémorisation.

Il nous faut trouver une méthodologie de l'enseignement des sciences qui soit en accord avec la nature fondamentale des sciences de la nature, avec la théorie de l'apprentissage perceptif et la perspective constructiviste de l'apprentissage. La méthodologie que nous proposons respecte, croyons-nous, ces trois points. Ce serait cependant prétentieux de notre part et une erreur de la part du lecteur de croire que ce qui suit est l'unique et le meilleur modèle d'enseignement des sciences de la nature au primaire. Ce que nous allons présenter ne représente que ce que nous dictent nos recherches et notre expérience. Nos idées sur le sujet, tout comme les vôtres, risquent très certainement d'évoluer au cours des prochaines années. La méthodologie que nous proposons n'est pas non plus une méthodologie applicable à toutes les situations, à toutes les classes, ni adaptée à tous les enseignants. Ce n'est pas non plus une méthodologie assez précise et assez puissante pour garantir que même l'enseignant le plus ignorant et le plus insouciant pourra réussir à coup sûr son enseignement.

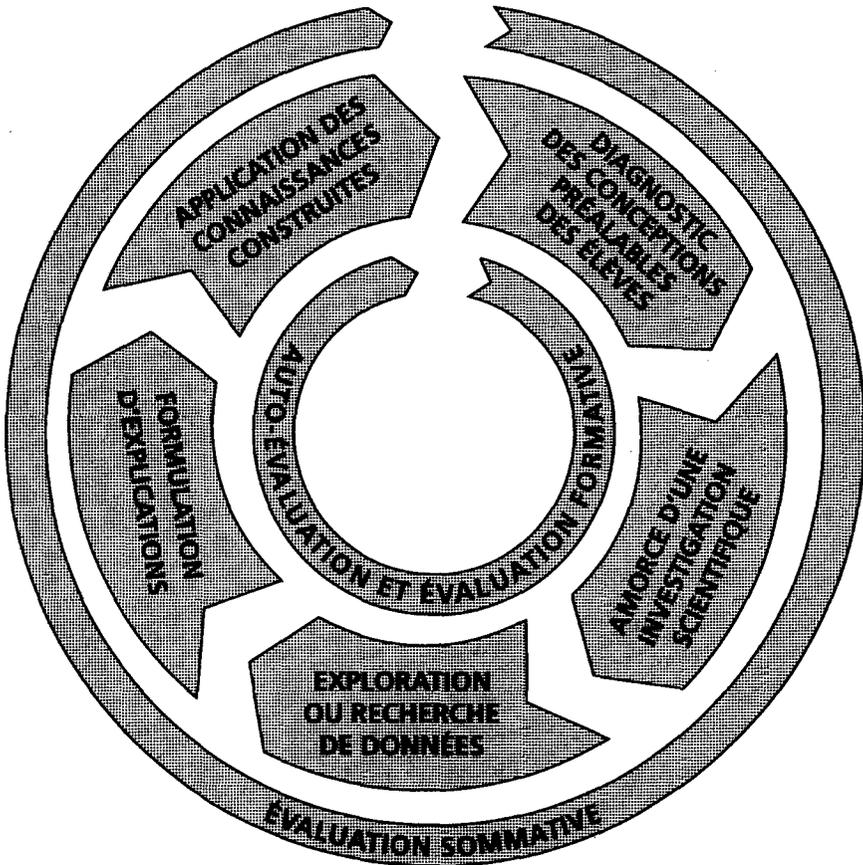
Pour favoriser la construction des connaissances de l'élève, il nous semble utile, en sciences de la nature, d'adopter une pédagogie qui fera passer systématiquement l'apprenant par un certain nombre d'étapes. L'approche méthodologique que nous préconisons comprend sept grandes étapes, représentées à la figure 6.1. Ces étapes sont:

1. Le contenu à assimiler comprend les habiletés scientifiques et de laboratoire, les attitudes et les valeurs ainsi que les savoirs scientifiques (faits, concepts et lois).

- ◇ le diagnostic des conceptions préalables des élèves ;
- ◇ l'amorce d'une investigation scientifique ;
- ◇ l'exploration ou la recherche de données ;
- ◇ la formulation d'explications ;
- ◇ l'application des connaissances construites ;
- ◇ l'auto-évaluation et l'évaluation formative ;
- ◇ l'évaluation sommative.

FIGURE 6.1

Modèle des différentes phases d'une pédagogie des sciences de la nature au primaire



Notre approche méthodologique repose sur l'hypothèse que les élèves apprennent mieux quand on leur permet de construire leurs connaissances. L'accent est donc mis sur la compréhension de l'élève et non sur la mémorisation de faits, de vocabulaire, de principes et de définitions. Cette approche repose sur le postulat que les sciences de la nature ne peuvent être réduites à de petits ensembles de connaissances faciles à assimiler et qu'on transmet directement à l'élève. Pour que l'apprentissage soit significatif, les élèves doivent: être confrontés à un problème ou à une question, participer à l'élaboration d'un protocole expérimental, avoir l'occasion d'explorer et de discuter leurs résultats, leurs conclusions et de pouvoir voir, ou du moins pressentir, comment les connaissances construites pourront être appliquées.

Le diagnostic des conceptions préalables des élèves

Les enfants, on le sait, arrivent à l'école avec des connaissances sur une foule de sujets scientifiques. Leur cerveau n'est pas constitué d'espaces vides dans lesquels on peut déposer les concepts qu'on souhaite leur faire acquérir. Il est donc important dans l'enseignement des sciences de faire le lien entre les connaissances préalables de l'élève et tout nouveau concept, attitude ou démarche qu'on souhaite lui faire apprendre. Le diagnostic des conceptions préalables des élèves est un élément crucial de notre démarche, tellement important que nous lui avons consacré le chapitre 7 en entier.

Le but de cette première étape vise à identifier les connaissances préalables des élèves. Il s'agit de déterminer, avant que ne commence l'activité ou l'expérience, ce que savent déjà les élèves sur la question considérée ou le problème à résoudre. Le diagnostic des conceptions de l'élève, il va de soi, peut se réaliser à toutes les étapes de notre démarche.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

Dégager les conceptions des élèves avant et pendant l'investigation.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Questionner les élèves avant et durant l'investigation, de façon à dégager leurs conceptions du problème considéré ou de la question posée. Écrire ces conceptions au tableau pour que les élèves puissent s'y référer par la suite.
- Demander aux élèves d'écrire brièvement ce qu'ils savent sur le sujet à l'étude et les inviter à accompagner ce texte d'un dessin.

L'amorce d'une investigation scientifique

Le but de cette étape est de suggérer à l'élève un problème à résoudre ou une question à laquelle répondre pendant l'investigation scientifique. Il est important alors de provoquer l'étonnement en confrontant les conceptions préalables des élèves à une réponse ou à une solution possible, réponse ou solution qui peut être vraie ou fausse. Cette amorce devrait normalement, à partir de la 3^e année, conduire à la formulation d'une hypothèse qui pourrait être proposée à l'élève ou encore découler de son imagination. Cette étape peut également comprendre une exploration libre d'objets, de phénomènes, d'une situation ou encore être l'objet d'une petite démonstration par l'enseignant ou l'enseignante et ce, afin de donner un sens précis à la question, au problème et à l'hypothèse formulée.

Pour bien amorcer une investigation scientifique, l'enseignant ou l'enseignante doit d'abord tenter d'étonner l'élève ou de stimuler son intérêt pour un problème ou une question. Cela peut être réalisé à l'aide d'une histoire, d'une petite activité, d'une démonstration, d'un énoncé, d'une question, d'une excursion ou d'une sortie, d'un film, de la lecture d'un texte ou tout simplement d'un petit exposé. Cette mise en situation, ou entrée en matière, cherche à rendre intéressant ce qui est à apprendre et tente de faire en sorte que l'élève soit bien disposé envers ce qui va suivre. Cette démarche, qui se veut motivante, cherche à éveiller la curiosité de l'élève envers un problème ou un domaine d'apprentissage précis et tente de l'aider à établir des liens avec l'objet d'apprentissage. La pédagogie de l'étonnement cherche d'abord à présenter le sujet abordé sous un aspect agréable, merveilleux ou idyllique. Ce temps d'éveil veut mettre en marche l'imagination de l'élève et cherche à faire en sorte que certains liens affectifs se tissent, entre l'apprenant et l'objet d'apprentissage, liens qui sont le moteur de tout apprentissage véritable. En un mot, cette amorce, ce lancement ou cet éveil, tente de susciter chez l'élève le désir d'apprendre et le besoin de comprendre.

Le problème véritable pour les enseignants n'est pas de comprendre le rôle de l'étonnement en pédagogie, mais de trouver le déclencheur approprié. Il est important de savoir que les élèves ne seront pas tous sensibles à une même stratégie de l'étonnement ou au même type de questions. Certains même ne seront pas influencés positivement par elles. Cependant, il y a une règle fondamentale qui doit être respectée: il faut s'assurer de l'engagement de l'étudiant. Ce n'est que dans ces conditions que la démarche proposée provoquera chez l'élève un certain intérêt, voire un certain déséquilibre intellectuel ; déséquilibre qui permet, dans bien des cas, d'aller plus loin, car il oblige l'élève à tenter par divers moyens de rétablir cet équilibre perdu.

Les enseignants et les enseignantes qui sont impatients de montrer leur savoir et qui éprouvent une véritable jouissance à tout expliquer auront de la difficulté à suivre cette démarche. Un enseignant ou une enseignante qui sait tout invite inconsciemment, par son comportement, les élèves à être passifs. Dans ce contexte, les élèves apprennent par expérience que la réponse souhaitée par l'enseignant ou l'enseignante ne saurait tarder et attendent passivement qu'elle soit fournie. Les élèves assimilent ainsi les concepts achevés au lieu de sentir l'obligation de les construire ou d'en effectuer l'élaboration. Ils et elles attendent qu'on leur révèle un monde cohérent et caché dont seul l'adulte a la clé. Cette attitude de l'enseignant ou de l'enseignante est d'autant plus dangereuse que certains élèves semblent déjà avoir acquis une certaine répugnance pour la recherche personnelle et préfèrent, en premier lieu, s'adresser directement à l'adulte chaque fois qu'une difficulté quelconque se présente.

Il est difficile d'étonner à l'âge de la télévision, car au moment où l'enfant commence l'école, l'étonnement a déjà été affaibli. Il en est de même pour le questionnement, l'école étant souvent perçue comme une boîte à réponses. On peut tenter par divers moyens de remplacer cette perte, mais les définitions et les explications verbales, à elles seules, suffisent rarement. L'étonnement et le questionnement ne peuvent se ranimer que dans un contexte étroitement lié à l'action, plus particulièrement, au cours d'observations de phénomènes, d'événements ou de situations tout à fait particuliers ou nouveaux. L'étonnement et le questionnement, non seulement chez l'enfant mais chez toute personne, semblent résulter d'une rupture d'équilibre entre une conception qui semblait convenir et entre un phénomène nouveau qui vient perturber cette stabilité tranquille. Tout d'un coup, la stabilité d'une partie de l'univers intellectuel d'un enfant peut vaciller temporairement ou être mise en doute. Une faille est alors introduite dans l'univers habituel de l'élève. C'est alors aux enseignants et aux enseignantes d'en profiter pour exploiter cette faille, pour l'aider à trouver une nouvelle explication ou à élaborer une nouvelle conception ou une hypothèse qui lui permettra de colmater cette faille.

Au moment de l'identification des conceptions préalables des élèves, il arrive souvent de constater que ces conceptions sont partiellement ou complètement erronées. Par exemple, les élèves croient souvent...

- ◇ qu'on voit un objet parce que la lumière éclaire celui-ci ;
- ◇ qu'un objet plus lourd tombe plus rapidement qu'un objet léger ;
- ◇ que le Soleil est plus près de la Terre en été qu'en hiver ;
- ◇ que le courant électrique passe plus facilement dans un fil droit que dans un fil tordu ;

- ◇ que le sucre n'existe plus quand il est dissout dans l'eau ;
- ◇ qu'un ver de terre n'est pas un animal ;
- ◇ que la lumière d'une chandelle parcourt une plus grande distance la nuit que le jour ;
- ◇ que les papillons et les gobelets de polystyrène n'ont pas de poids.

L'enseignant ou l'enseignante peut étonner l'élève en mettant ces énoncés en doute. Il s'agit ensuite de les stimuler en leur demandant quoi faire pour savoir si ces énoncés sont vrais ou faux. Parfois, une simple mise en situation pourra piquer leur curiosité. Par exemple, lors de l'amorce d'une investigation relative au comportement des pendules, nous avons souvent constaté que les enfants croient qu'un pendule lourd donnera plus d'oscillations qu'un pendule léger. Cela leur semble tout à fait évident. Il suffit de leur demander de se prononcer sur le comportement de deux pendules de masses différentes et d'inscrire leurs «prédictions» au tableau en leur proposant trois possibilités: le pendule lourd donnera plus d'oscillations en 15 secondes ; le pendule lourd donnera moins d'oscillations en 15 secondes ; le pendule lourd et le pendule léger donneront le même nombre d'oscillations en 15 secondes. La très grande majorité des enfants optent pour la première possibilité et nous indiquent ainsi qu'ils croient que plus la masse de la lentille d'un pendule est grande, plus ce pendule donnera d'oscillations dans un temps donné.

Il s'agira ensuite de demander aux élèves de formuler une hypothèse (ex.: «plus un pendule est lourd, plus il donnera d'oscillations durant un temps donné »). Il est bien entendu que les deux autres possibilités pourraient aussi être transformées en hypothèses ; montrant qu'il peut y avoir plus d'une réponse à la question posée. Les élèves doivent ensuite proposer des démarches expérimentales ou un protocole expérimental pour vérifier la véracité de chacune des hypothèses formulées. Ce protocole, après discussion, pourrait être le suivant: fixer un trombone au bout d'une ficelle et cinq trombones au bout d'une autre ficelle ; couper les ficelles pour que les pendules aient les mêmes longueurs ; laisser tomber les pendules de la même hauteur (d'une position horizontale) et compter le nombre d'oscillations qu'ils donneront en 15 secondes ; répéter plusieurs fois l'expérience et comparer les résultats.

Au cours de cette petite expérience, les élèves ont fait appel à plusieurs habiletés de la démarche scientifique. Ils ou elles ont formulé une hypothèse, élaboré un protocole expérimental, contrôlé les variables, proposé probablement une définition opératoire d'une oscillation complète (un mouvement d'aller et de retour d'un pendule), expérimenté dans des conditions contrôlées, observé les mouvements du pendule, mesuré (le nombre d'oscillations de chaque pendule), comparé les

résultats, infirmé ou confirmé l'hypothèse retenue et tiré une conclusion des données obtenues.

Si on demeure encore dans le domaine des pendules, il est possible de stimuler l'intérêt des élèves pour l'étude de l'amortissement d'un pendule. Par exemple, on peut à l'aide d'une corde résistante mais souple, suspendre une brique au plafond, à environ 1,5 mètre d'un mur. On demande alors à un ou une volontaire de s'adosser au mur et on approche la brique de son menton. Les autres élèves doivent dire si, à leur avis, il y a danger de blesser leur camarade en laissant osciller la brique à partir de ce point. Cette mise en situation pourra être l'amorce d'une investigation qui pourrait porter sur l'amortissement d'un pendule.

On peut aussi étonner l'élève à l'aide de questions stimulantes comme les suivantes: « Est-ce que les ongles des pieds poussent plus vite que les ongles des mains ? » « Est-ce que l'eau chaude gèle plus rapidement que l'eau froide ? » « Est-ce qu'un glaçon fond plus rapidement s'il a été concassé, ou s'il est encore entier ? » « Est-ce que des graines imbibées d'eau germent plus rapidement que des graines qui auraient été semées sans avoir été préalablement placées dans l'eau ? »

Le problème proposé ou la question posée à cette étape doit être simple et susceptible d'être solutionné à l'aide d'une expérience facile à réaliser. Par la suite, quand les élèves seront plus expérimentés, il sera possible de leur faire entreprendre des investigations plus élaborées. Il faut cependant avoir continuellement en tête que les enfants n'apprennent pas à préparer des plans en exécutant les plans des autres ou en suivant à la lettre ce que d'autres ont préparé ou pensé. Ils doivent à un moment de leur existence apprendre à concevoir puis à réaliser par eux-mêmes de petites expériences.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Présenter le problème ou la question à la classe.
- Susciter la curiosité ou l'étonnement de l'élève.
- Aider les élèves à formuler une hypothèse (à partir de la 3^e année).
- Aider les élèves à élaborer un protocole expérimental (à partir de la 3^e année).

STRATÉGIES POSSIBLES

- Inviter les élèves à se pencher sur un problème ou une question.
- Poser aux élèves des questions ou les inviter à poser des questions de façon à susciter leur étonnement.
- Aider les élèves à identifier clairement le problème à solutionner ou encore les aider à bien poser la ou les questions auxquelles on souhaite qu'ils répondent.
- Aider les élèves de 3^e à la 6^e année à formuler une ou plusieurs hypothèses liées à la question posée ou à proposer une solution au problème soulevé. Demander aux élèves de noter l'hypothèse et la façon de solutionner le problème afin de s'y référer par la suite.
- Aider les élèves de 3^e à la 6^e année à élaborer un protocole expérimental visant à répondre à la question posée, à vérifier l'hypothèse retenue ou le problème considéré. Il est important que les élèves comprennent qu'il peut exister d'autres démarches que celles retenues ; démarches qu'ils pourront concevoir et expérimenter en petits groupes.
- S'il s'agit d'élèves de 1^{re} et de 2^e année, leur proposer la question à laquelle la classe doit trouver réponse et leur présenter la démarche qu'ils devront suivre pendant l'activité. Il est parfois souhaitable pour les enfants de cet âge de subdiviser le déroulement de l'activité en petites étapes.

L'exploration ou la recherche de données

Le but de cette étape est d'aider les élèves à réaliser en équipes la procédure expérimentale identifiée à l'étape précédente. À cette étape, il est important que les élèves apprennent à noter d'une façon ordonnée les observations et les résultats obtenus.

Cette troisième phase de notre démarche pédagogique découle du besoin de comprendre qui a été soulevé à l'étape précédente lorsqu'on a amorcé une investigation² scientifique. Ce besoin amène normalement l'élève à expérimenter, c'est-à-dire à provoquer dans des conditions déterminées une ou plusieurs observations. Durant cette phase, l'enseignant ou l'enseignante a un rôle indirect: aider les élèves, à partir de la 3^e année,

2. Pour nous, une investigation implique nécessairement la manipulation de la part de l'élève. Il peut s'agir d'une activité ou d'une expérience.

à réaliser le protocole expérimental adopté et mettre à leur disposition le matériel nécessaire à la réalisation de l'activité³ ou de l'expérience⁴. Il forme des petits groupes et assure en classe un climat propice à la découverte guidée (voir le tableau 6.1) pendant l'investigation. L'enseignant ou l'enseignante observe, circule d'un groupe à l'autre, pose des questions et aide les élèves à réaliser leur expérience individuellement ou en petits groupes. Durant cette phase, l'élève a un rôle très actif. Il ou elle tente délibérément de trouver les réponses à ses questions et essaie de vérifier l'hypothèse retenue à l'aide du matériel concret mis à la disposition de la classe.

L'enseignant ou l'enseignante peut cependant jouer un rôle plus actif quand les élèves ont peu d'expérience en sciences de la nature. Il s'agira, par exemple, de proposer une façon de faire et de guider plus directement l'élève de 1^{re} et de 2^e année dans les activités. En 3^e et 4^e année, il s'agira de rappeler aux élèves, de temps à autre, l'hypothèse qu'ils doivent soumettre au crible de l'expérience. Bref, tout est une question de jugement, car chaque classe ou situation est unique.

À cette étape, la présence de l'enseignant ou de l'enseignante vise surtout à aider, superviser, lancer des défis, provoquer, suggérer des pistes possibles et encourager. Dans ce contexte, il ne faut pas, avant que commence l'expérience, révéler aux élèves les résultats qu'ils devront tenter d'obtenir ni leur demander de chercher dans un livre ou une encyclopédie les réponses aux questions posées. À ce stade, l'esprit de l'élève doit être ouvert toutes les possibilités. Dans un tel contexte, les élèves deviendront de plus en plus autonomes et pourront atteindre certains buts de l'école, à savoir le développement de l'esprit d'initiative, de l'autonomie intellectuelle et de l'esprit critique.

Au cours des activités, il est important de référer l'enfant au réel concret, en lui indiquant que c'est la nature qui doit lui fournir les réponses à ses questions, ou c'est elle qui doit lui chuchoter la solution. Dans de telles circonstances, il n'est donc plus question de parler de la

2. Pour nous, une activité scientifique est une investigation structurée sous la direction de l'enseignant, qui se réalise généralement en une heure ou moins. On la retrouve surtout en 1^{re} et en 2^e année, où les élèves suivent le scénario que propose l'enseignant et inscrivent leurs données dans des cahiers préparés à cette fin. Les élèves n'ont pas à formuler d'hypothèse ni à élaborer de protocole expérimental. L'activité implique cependant la manipulation de la part de l'élève plutôt qu'un exposé de l'enseignant. L'analyse des données se fait devant toute la classe sous la direction de l'enseignant.
3. L'expérience, par contre, peut durer plusieurs heures qui peuvent même être réparties sur plusieurs jours ou semaines. Certaines expériences ne produisent des résultats probants qu'après un certain temps. L'expérience implique la formulation d'une hypothèse, l'élaboration d'un protocole expérimental et une expérimentation à laquelle l'élève prend part activement.

«bonne ou unique réponse » à une question. La réponse fournie dépendra en fait des questions posées et des observations notées. La réponse trouvée ne correspondra pas nécessairement à «la vérité » que présentent les livres scientifiques sur le sujet, cette «vérité» sera souvent partielle ou contextuelle. C'est seulement dans de telles conditions que le jeune parviendra à penser par lui-même. Si la réponse semble incorrecte, il faudra encourager l'élève à observer avec encore plus de minutie, plutôt que de lui dire que sa réponse est fausse et lui fournir la bonne réponse.

Dans les activités, l'enseignant ou l'enseignante guide les recherches plutôt que d'être celui ou celle qui donne un enseignement au sens traditionnel du terme. Son rôle, dans ce contexte, est de circuler d'un groupe à l'autre et d'être à l'écoute de tout ce qui se passe. Au cours de l'expérience, il ou elle doit alors aider les élèves, individuellement ou en petits groupes, en discutant des difficultés éprouvées, en leur suggérant, s'il y a lieu, d'apporter certains changements dans leur façon de procéder, en leur posant des questions sur les résultats obtenus, en les encourageant, en leur lançant des défis ou encore en leur demandant de justifier ou d'expliquer les méthodes utilisées, aux hypothèses formulées et aux généralisations déployées et ce, tout en félicitant ceux et celles qui accomplissent du bon travail. L'enseignant ou l'enseignante doit généralement demeurer à l'arrière-plan pendant les activités. Cela l'amènera souvent à dire à ses élèves: «Je ne le sais pas », « Essaie de trouver par toi-même » ou « Quelle est d'après toi la meilleure façon de faire ? » Il ne faut jamais oublier que ce sont les élèves qui sont les maître d'œuvre des recherches qu'ils tentent de réaliser. Dans ce contexte, l'enseignant ou l'enseignante n'est là que pour aider, superviser et suggérer des pistes possibles. Cette attitude pédagogique n'est peut-être pas réalisable lors de l'enseignement de disciplines moins concrètes mais est à la fois possible et souhaitable en sciences de la nature au primaire.

Il est donc préférable, en circulant d'un groupe à l'autre, d'observer ce que font et disent les élèves avant d'intervenir. Ainsi, il serait préférable de dire aux élèves « Qu'avez-vous trouvé ? » ou « Je me demande ce qui arriverait si... » plutôt que de leur poser une question dans le but d'obtenir une réponse précise. Il importe également de manifester de l'intérêt pour ce que font les enfants, même si l'expérience ne se réalise pas tout à fait comme prévu.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Aider les élèves à réaliser la procédure expérimentale adoptée.
- Assister, stimuler et encourager les élèves pendant l'investigation.
- Inviter les élèves à noter leurs observations et leurs résultats dans leur cahier de laboratoire.
- Encourager la participation des élèves et faciliter la coopération entre les membres des groupes.
- Assurer la discipline en classe.
- Assurer la sécurité et la propreté.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Présenter le matériel mis à la disposition de la classe en indiquant qu'il est possible d'utiliser d'autres matériaux que ceux proposés.
- Inviter les élèves à suivre le protocole adopté et les inciter à ne pas perdre de vue le problème, la question ou l'hypothèse de départ.
- Inviter les élèves à noter les données obtenues, à construire des tableaux et des représentations graphiques lorsque cela est possible.
- Inviter les membres des équipes à discuter entre eux de la valeur des données obtenues sur la question, le problème de départ ou l'hypothèse retenue.
- Inviter les élèves à reprendre l'expérience, en tout ou en partie, ou à réaliser une nouvelle expérience pour résoudre leurs différences d'opinions.

La formulation d'explications

Le but de cette étape est d'aider l'élève à dégager des explications des données obtenues. C'est à cette étape que l'élève tente de finaliser la construction des connaissances. L'élève confronte ses connaissances préalables aux résultats expérimentaux et aux conclusions qui ont été tirées et tente de voir si l'hypothèse de départ sera retenue ou rejetée. À partir de la 3^e année, la formulation d'explications se déroule à l'intérieur de chaque équipe avant de se transformer à la fin de celle-ci en une discussion collective, guidée par le maître et à laquelle participent tous les élèves de la classe.

Quand les élèves ont terminé leurs investigations, il importe de faire le point sur ce qui a été appris. Trop souvent, l'enseignant ou l'enseignante se contente du fait que les élèves ont aimé l'expérience et a tendance à passer à autre chose. Dans ce cas, il y a confusion entre apprentissage et activisme et l'enseignant ou l'enseignante ne voit pas très bien la relation entre une investigation impliquant la manipulation d'objets et l'activité intellectuelle qui doit nécessairement accompagner l'observation et l'expérimentation de l'élève.

Il faut dénoncer tout excès d'activisme où la manipulation d'objets prend une place envahissante, activisme qui conduit rarement à une réflexion ou à la construction de connaissances scientifiques, et qui ne conduit pas non plus au développement d'habiletés, de valeurs et d'attitudes positives envers les apprentissages scientifiques. L'école, il faut le rappeler, est avant tout un lieu d'apprentissage avant d'être un lieu de divertissement.

Il est donc important, après une investigation, de faire le point pour préciser et situer les apprentissages que les élèves viennent de réaliser. Pour ce faire, il est bon, en premier lieu, de demander aux élèves de présenter à l'ensemble de la classe les données ou les résultats dégagés. Il s'agit alors de s'entendre sur les résultats dégagés puis de les afficher au tableau, même ceux qui semblent erronés.

Les élèves ayant peu d'expérience dans l'apprentissage des sciences ne savent parfois comment présenter leurs résultats, soit parce qu'ils manquent de méthode ou qu'ils n'ont pas encore maîtrisé certaines techniques de communication utilisées en sciences. Dans de telles circonstances, l'enseignant ou l'enseignante peut présenter ses propres données et les soumettre à l'analyse des élèves de sa classe. Il s'agit alors d'assumer un rôle de chercheur, au même titre que les élèves plutôt que d'imposer ses résultats. Cette étape constitue l'occasion idéale de consolider le vocabulaire scientifique de l'élève.

Vient ensuite la phase de l'interprétation des données qui est un processus de délibération qui conduira les élèves à proposer des conclusions en accord avec les données obtenues. Ces conclusions ou inductions doivent aussi être analysées et discutées pour voir si elles sont en harmonie avec les données dégagées. Encore une fois, l'enseignant ou l'enseignante évitera d'imposer ses conclusions, mais pourra, si la délibération traîne en longueur, dire «ce qu'en pensent les scientifiques».

Les conclusions dégagées doivent aussi être inscrites au tableau. Les élèves pourront ainsi les avoir continuellement sous les yeux et tenter de les comprendre avant de les inscrire dans leur cahier de sciences, à la suite des données qui y sont inscrites. De cette façon, les élèves pourront se comporter comme de véritables scientifiques, c'est-à-dire développer

des habiletés, des valeurs, des attitudes scientifiques et acquérir des savoirs scientifiques. Pour ce faire, il faut donc éviter de diluer ce qu'on veut faire apprendre aux élèves. Trop d'enseignants et de parents écoutent les pédagogues du développement minimal (de la réussite à tout prix) et les psychologues qui ne connaissent souvent l'école que par ouï-dire et qui se croient quand même autorisés à affirmer que les capacités des jeunes étant limitées, il faut se contenter de les nourrir à la petite cuillère. L'expérience montre que si on place les jeunes enfants dans un contexte non scolaire, ils sont capables de se débrouiller souvent au-delà de nos espérances. D'ailleurs, beaucoup de gens qui ont réussi à faire quelque chose d'important dans leur vie l'ont fait parce qu'ils ignoraient au départ que ce qu'ils allaient tenter de réaliser avait été déclaré infaisable par leurs contemporains.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Inviter les élèves à discuter de la valeur des données obtenues et de la pertinence des conclusions dégagées de celles-ci.
- Inviter les élèves à faire part des résultats dégagés de l'expérience.
- Aider les élèves à dégager des résultats des similitudes, des différences, des relations, des tendances et des explications.
- Aider les élèves à préciser le vocabulaire, les concepts et les principes dégagés de l'expérience.
- Comparer les connaissances construites aux conceptions préalables des élèves.
- S'assurer que la conclusion est en lien avec la question ou le problème et voir si elle infirme l'hypothèse de départ.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Demander aux élèves d'analyser les données inscrites dans leur cahier de sciences, de construire, lorsque cela est possible, des tableaux et des représentations graphiques et de proposer une interprétation plausible des données dégagées de l'investigation.
- Questionner les élèves pour s'assurer que les données obtenues conduisent à la construction de connaissances, au développement d'habiletés intellectuelles et de laboratoire ainsi qu'à l'émergence d'attitudes positives envers les sciences de la nature.

- Demander aux divers groupes de présenter à l'ensemble de la classe les résultats dégagés de l'expérience avant de discuter collectivement des conclusions tirées de ceux-ci. Inscrire ces résultats au tableau pour que tous puissent les voir et demander aux élèves de s'entendre sur les résultats dégagés avant d'essayer de les interpréter.
- Présenter aux élèves ses propres résultats et les soumettre à leur analyse.
- Inscrire au tableau les conclusions dégagées par l'ensemble de la classe. Les élèves pourront ainsi les avoir continuellement sous les yeux et tenter de les comprendre avant de les noter dans leur cahier de sciences. Inviter un ou quelques élèves à expliquer aux autres élèves de la classe les concepts ou les explications dégagées des résultats.
- Faire un retour sur les conceptions préalables des élèves et les comparer aux conclusions tirées de l'expérience.

L'application des connaissances construites

Le but de cette étape est de situer ou de renforcer les connaissances nouvelles en aidant les élèves à les appliquer et à prédire à partir de celles-ci. C'est aussi l'occasion de proposer aux élèves un approfondissement des connaissances acquises et de leur suggérer une façon d'établir des liens entre les savoirs et les savoir-faire qu'ils viennent de dégager et les autres matières.

À cette étape, l'enseignant ou l'enseignante peut suggérer un problème particulier ou proposer une nouvelle situation que l'élève pourra tenter de solutionner ou d'expliquer en utilisant les savoirs et les savoir-faire dégagés de l'expérience. Par exemple, après avoir dégagé les principes du fonctionnement d'un siphon, on pourra demander aux élèves d'expliquer pourquoi l'eau coule lorsqu'on ouvre un robinet dans l'école. L'enseignant ou l'enseignante peut également tenter de situer ce qui vient d'être dégagé dans un principe ou schème plus large. Par exemple, après avoir découvert que les aiguilles d'un conifère libèrent au contact de l'eau un produit toxique qui empêche certaines plantes de pousser, on pourra relier cette notion à un principe plus général et plus inclusif. Ce principe serait qu'il existe dans la nature une compétition constante entre les organismes vivants dans le but de préserver à la fois chaque individu et l'espèce tout entière.

L'application de concepts et de lois repose sur un processus d'extrapolation des connaissances. Il suffit alors d'habituer l'élève à chercher des similitudes, des analogies et des ressemblances entre ce qui vient d'être appris et les phénomènes et les événements de son environnement. Ce qui est appris peut permettre d'établir et de créer des associations entre un phénomène et un principe dégagé. Cela permet aussi d'interpréter d'autres faits ou données provenant de l'environnement naturel. Il n'est pas toujours possible de savoir à quoi sert ce qui vient d'être appris. Il suffit de trouver, au cours des années, des réponses de plus en plus justes à cette question.

L'application de concepts et de principes ainsi que l'application d'une démarche montrent à l'élève l'utilité de ce qui vient d'être appris. L'élève a besoin de savoir que ce qu'il ou elle vient d'apprendre peut être utile à quelque chose. Toute tentative pour appliquer les connaissances acquises peut soulever d'autres questions et d'autres problèmes. Cette phase n'est donc pas nécessairement une des dernières étapes de notre démarche. Elle peut ainsi être le départ d'une nouvelle investigation.

C'est finalement au cours de cette étape de la démarche pédagogique qu'on pourra faire appel aux volumes, au matériel audiovisuel, aux didacticiels pour élargir et consolider les concepts et les principes dégagés de l'expérience. C'est également le moment de partager, s'il y a lieu, des faits ou des anecdotes historiques en lien avec les connaissances dégagées.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Renforcer les apprentissages des élèves en les aidant à expliquer certains phénomènes courants à l'aide des concepts et des principes dégagés.
- Renforcer les apprentissages des élèves en les aidant à prédire ce qui peut se produire si on prend appui sur les principes dégagés.
- Proposer des exemples qui sont des cas particuliers des principes dégagés.
- Renforcer les apprentissages des élèves en suggérant des activités d'enrichissement.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Proposer à l'élève un problème ou une situation nouvelle que les élèves pourront chercher à solutionner en utilisant les apprentissages dégagés de l'expérience.

- Montrer à l'élève à quoi sert ce qu'il vient d'apprendre. L'élève a besoin de savoir que ce qu'il vient d'apprendre peut être utile à quelque chose. C'est le moment idéal pour montrer le lien entre les sciences de la nature et la technologie. Inviter les élèves à agir, à poser des gestes en accord avec les principes dégagés. Par exemple, après avoir appris un principe relatif à l'écologie, échanger avec les élèves pour voir comment ils peuvent appliquer ce principe dans la vie courante.
 - Réaliser, avec la participation des élèves, un diagramme de concepts pour situer ce qui vient d'être appris par rapport à d'autres concepts.
 - Faire appel aux volumes, au matériel audiovisuel, aux didacticiels, aux anecdotes historiques et proposer des connaissances complémentaires dans le but d'enrichir et de consolider ce qui a été appris durant l'investigation et de situer cet apprentissage dans un contexte général et concret.
-

L'auto-évaluation et l'évaluation formative des élèves

Deux buts sont visés dans cette étape. Premièrement, il s'agit de créer dans la classe, et tout au long de notre démarche pédagogique, un climat favorable à l'auto-évaluation de l'élève. Deuxièmement, il s'agit de favoriser tout au long des étapes précédentes l'évaluation formative de l'élève par l'enseignant ou l'enseignante et ce, dans le but d'améliorer sa compréhension et sa participation.

Tout au long de notre démarche, il importe de tout mettre en œuvre pour créer en classe un climat favorable à la créativité de l'élève. Il s'agit d'un élément capital sur lequel on ne pourra jamais trop insister. Dans ce contexte, les élèves pourront acquérir la conviction que leurs idées seront entendues et respectées. Il est aussi important, surtout après la 3^e année, d'inciter les élèves à réfléchir sur ce qu'ils font. Beaucoup trop d'élèves dans nos classes fonctionnent du matin au soir en attendant qu'on les nourrisse comme des oisillons dans un nid. Mais on ne peut favoriser la réflexion autonome de l'élève dans un climat de contraintes et de rigidité constante. L'élève doit avoir l'occasion de réfléchir sur ses gestes, sur les décisions prises et sur les conclusions qu'il infère, ce qui lui permettra de prendre conscience du progrès accompli. Ainsi, à la fin du primaire, l'élève devra être capable de concevoir et de réaliser par lui-même des expériences relativement complexes. Cela signifie que l'élève sera en mesure de planifier toutes les étapes d'une expérience, de se questionner par rapport à celles-ci, de repasser dans sa tête ce qui vient d'être réalisé, d'évaluer les données dégagées et de critiquer les conclusions dégagées. Avec la pratique, l'enfant

deviendra de plus en plus autonome, c'est-à-dire responsable de son apprentissage. Grâce à l'auto-évaluation, l'élève apprendra à anticiper le déroulement d'une expérience avant d'essayer de la réaliser.

L'auto-évaluation de l'élève ne se développe pas toute seule. Cela exige un guide et ce guide est l'enseignant ou l'enseignante, qui dirige l'enfant de façon à le rendre de plus en plus autonome. Aux conseils et à la direction de l'enseignant s'ajoutent la pratique et l'expérience. Le rôle fondamental de l'enseignant ou de l'enseignante est donc d'amener l'élève à prendre conscience de ce qu'il ou elle sait, d'où il ou elle vient et où il ou elle va, de la démarche suivie et des connaissances construites.

L'auto-évaluation doit amener l'élève à réfléchir sur l'évolution de sa pensée. On peut favoriser cette démarche en lui posant des questions, en lui demandant de résumer sa pensée ou de prédire ce qui devrait se passer. On peut amener l'élève à se poser des questions comme les suivantes: « Est-ce que je comprends bien ce que je fais ? » « Est-ce que je suis sur la bonne voie ? » « Quelles données sont en rapport avec la question ou l'hypothèse ? » « Quelles données faut-il inscrire dans le cahier de sciences ? » « Quelles données sont sans importance ? » « Quelles données sont d'une importance vitale ? » Nous reviendrons sur l'art de poser des questions au chapitre 9.

C'est aussi à cette étape de notre démarche que l'évaluation formative doit s'exercer. Celle-ci, tout comme l'auto-évaluation des élèves, se réalise durant les autres étapes de notre modèle d'enseignement. L'évaluation formative, comme son nom l'indique, cherche à évaluer les acquisitions de l'élève (habiletés, attitudes et savoirs) durant son apprentissage et ce, dans le but de l'aider à cheminer et à construire ses connaissances. Elle vise à obtenir de l'information sur le cheminement ou le progrès de l'élève et ce, dans le but de favoriser sa compréhension et le développement de sa pensée. En d'autres mots, l'évaluation formative cherche à aider immédiatement l'élève durant le déroulement d'une activité ou d'une expérience, au lieu d'attendre la fin d'une investigation pour lui attribuer une cote, comme c'est le rôle de l'évaluation sommative. Les questions et l'observation l'enseignant, qui circule d'un groupe à l'autre, sont les principaux outils de l'évaluation formative.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Favoriser l'auto-évaluation de l'élève en l'aidant à réfléchir sur son action et à exercer un jugement critique relatif à ses apprentissages.
- Aider l'élève, au cours d'une activité ou d'une expérience, à construire ses connaissances.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Créer en classe un climat favorable à la réflexion, à l'échange, à la délibération, au questionnement et à la critique constructive. Il s'agit de mettre en place un cycle continu d'action et de réflexion.
- Poser aux élèves des questions durant le déroulement des étapes de la démarche suggérée et ce, dans le but de les aider à cheminer.
- Observer minutieusement le comportement de l'élève en circulant d'un groupe à l'autre et en intervenant, au besoin.

L'évaluation sommative

Le but de cette étape est d'aider l'enseignant ou l'enseignante à obtenir de l'information sur la compréhension et les performances des élèves, qui l'aidera à porter un jugement sur la valeur, la nature et la qualité de leurs apprentissages et ce, dans le but de prendre une décision pédagogique.

L'évaluation sommative cherche surtout à attribuer une cote à l'élève à la fin d'une période de temps donnée. Elle a donc comme but principal de noter l'élève ou encore de fournir un indice sur l'efficacité d'un enseignant ou d'une enseignante au cours de son enseignement. Le chapitre 11 sera consacré entièrement à l'étude de cette question.

RÉSUMÉ

RÔLE DE L'ENSEIGNANT OU DE L'ENSEIGNANTE

- Évaluer le comportement des élèves en classe dans le but d'attribuer une cote.
- Évaluer l'état des acquisitions des élèves pendant l'enseignement et ce, dans le but d'attribuer une cote.

STRATÉGIES POSSIBLES

- Observer et noter, à l'aide de grilles d'observation, comment les habiletés et les attitudes scientifiques de l'élève se développent et sont appliquées.
- Faire passer à l'élève des tests après la réalisation d'une ou de plusieurs activités ou expériences dans le but de déterminer si l'élève a développé les habiletés, les attitudes voulues et acquis les principaux concepts ou principes visés.

AUTRES FORMULES PÉDAGOGIQUES

Le coin d'observation

Le coin d'observation cherche à étonner, à stimuler l'intérêt des élèves pour un domaine ou un aspect donné des sciences de la nature et cherche, de ce fait, à les faire réfléchir. Les objets ou le montage d'un coin d'observation sont généralement déposés à un endroit précis et ce, avant l'arrivée des élèves en classe. Le matériel est accompagné d'une question, d'une invitation à observer ou à réaliser une investigation simple. Les élèves, au cours de la semaine où aura lieu une investigation donnée, ont l'occasion de se rendre au coin d'observation pour y effectuer des observations ou pour y réaliser une petite expérience. Il s'agit souvent d'une entrée en matière pour l'investigation qui va suivre. Il n'est généralement pas nécessaire de tenter d'attirer l'attention des élèves sur ce qui est présenté dans un coin d'observation. Il suffit de faire en sorte que le matériel du coin d'observation soit stimulant pour que l'élève veuille l'observer ou le manipuler. Il n'est pas nécessaire que ce soit l'enseignant ou l'enseignante qui ait le contrôle du coin d'observation. Certains élèves peuvent préparer des montages pour le coin d'observation alors que d'autres s'assurent de faire respecter l'horaire et le calendrier préparé par l'enseignant ou l'enseignante.

Voici, à titre d'exemple, trois montages qui pourraient être présentés dans le coin d'observation d'une classe.

- Un bocal contenant de l'eau provenant d'un étang, un compte-gouttes, un microscope et une lamelle pour microscope sont placés dans le coin d'observation. « Peut-on observer la vie dans une goutte d'eau ? »
- Un aimant suspendu à une ficelle maintient, sans y toucher, un petit trombone attaché par un fil à coudre, ce fil étant fixé à une table à l'aide d'un morceau de pâte à modeler. Ce montage peut être accompagné d'un ensemble de petits objets ou de petites plaquettes minces de matériaux divers (verre, plastique, cuivre, aluminium, fer). La question posée pourrait être: « Peut-on placer entre l'aimant et le trombone différents objets sans faire tomber le trombone ? »
- Une araignée est déposée dans un grand bocal en verre recouvert d'un couvercle troué. Quand l'araignée aura tissé sa toile, les élèves apportent en classe deux ou trois petits insectes vivants et les introduisent périodiquement dans le bocal. La question posée pourrait être: « Comment agit une araignée quand un insecte vivant touche la toile qu'elle a tissée ? »

Nous avons préparé pour les élèves de 1^{re} et 2^e année deux autres activités d'un coin d'observation. Chacune de ces activités s'adresse à l'enseignant ou à l'enseignante qui, dans les deux cas, doit préparer et monter le coin d'observation.

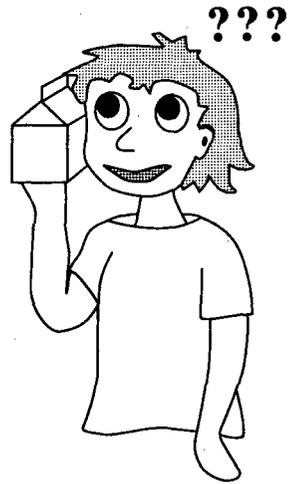
Le bingo des bons sens

QUESTION:

QUE PEUX-TU OBSERVER AVEC LE SENS DE L'OUÏE ?

CONSIGNES

1. Déposer, dans le coin d'observation trois berlingots vides de lait contenant chacun un petit objet. Numéroté de 1 à 3 chacun de ces berlingots et placer un des objets suivants dans chacun d'eux: une bille, une petite quantité d'eau (l'équivalent d'un gobelet de lait à café) et un trombone. Bien sceller les berlingots avec du ruban adhésif.
2. Demander aux élèves, au cours de la semaine, de noter sur une feuille le nom des objets qui se trouvent, à leur avis, à l'intérieur des trois boîtes. Au besoin, les aider individuellement à épeler le nom des objets.
4. Demander aux élèves de garder les noms des objets secrets jusqu'à ce qu'on ouvre chacune des boîtes devant toute la classe.
5. Prévoir quelques minutes au cours de la semaine pour discuter des observations des élèves.



Comme le montre l'activité de ce coin d'intérêt, l'observation est une habileté qui fait appel à tous les sens. On peut observer en touchant, en écoutant, en goûtant, en sentant ou en regardant. L'observation est une opération qui tente d'identifier les traits distinctifs des objets, les invariants des événements, les régularités des situations et la structure des phénomènes.

En agitant les boîtes, l'élève entend le bruit que fait l'objet lorsque celui-ci heurte la paroi de la boîte. Sa main peut détecter des vibrations et

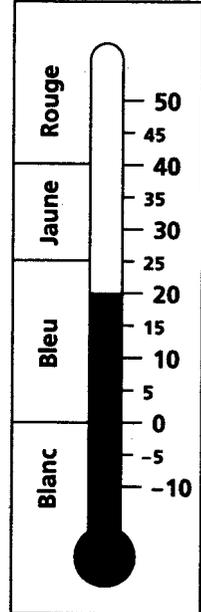
ainsi déterminer si l'objet est dur ou mou, gros ou petit, solide ou liquide... L'élève peut aussi déterminer les caractéristiques de l'objet et se faire une idée de sa nature en estimant le temps que celui-ci prend à se déplacer d'une paroi à une autre de la boîte. Ce qui compte dans cette activité, ce n'est pas de savoir si l'élève a pu nommer ou non l'objet mais de voir s'il a fait appel à plusieurs sens.

Le chaud et le froid

QUESTION: COMMENT FONCTIONNE UN THERMOMÈTRE ?

CONSIGNES

1. Placer deux thermomètres identiques dans le coin d'observation. Ceux-ci doivent avoir une colonne d'alcool assez large pour être faciles à observer. Placer également un verre d'eau froide dans le coin d'observation.
2. Coller un des thermomètres sur un carton à l'aide de ruban adhésif, colorer le carton en quatre couleurs comme le montre la figure. Inscrire le mot «témoin» sous le thermomètre et fixer le tout sur une table ou au mur. L'autre thermomètre doit pouvoir être déplacé, c'est le thermomètre mobile.
3. Demander à chaque élève, durant la semaine, de réchauffer le réservoir du thermomètre mobile en appliquant doucement son pouce sur le réservoir de celui-ci et d'observer l'effet de la chaleur de son pouce sur la colonne rouge du thermomètre. Inviter l'élève, à l'aide du thermomètre témoin, à observer dans quelles conditions la colonne du thermomètre mobile passe du bleu au jaune.
4. Demander à l'élève de refroidir le réservoir en le plaçant quelques instants dans le verre d'eau froide (changer l'eau deux fois par jour). Inviter l'élève, à l'aide du thermomètre témoin, à observer dans quelles conditions la colonne du thermomètre mobile passe du jaune au bleu.
5. Au début, faire répéter les étapes 3 et 4 à quelques reprises pour s'assurer que les élèves comprennent bien le déroulement de l'activité du coin d'observation.



Cette activité vise à faire observer le mouvement de la colonne d'un thermomètre sous l'effet de variations de température. Les élèves devront conclure que la colonne d'alcool s'allonge sous l'effet de la chaleur et se rétrécit sous l'effet du froid. Ils auront ainsi acquis le principe de base du fonctionnement d'un thermomètre. Il n'est pas nécessaire, à ce stade, que les élèves lisent l'échelle graduée le long du thermomètre.

Le thermomètre est un des premiers instruments de mesure présentés à l'élève. Cette activité montre que la chaleur du corps peut avoir une influence sur la hauteur de la colonne d'alcool dans le tube capillaire du thermomètre. C'est pourquoi il faut habituer l'élève à ne pas poser ses doigts sur le réservoir du thermomètre au moment de la lecture.

Le tableau d'affichage

Le tableau d'affichage est un endroit physique dans la classe où l'on peut afficher des questions, des réponses et des documents divers. C'est un moyen pédagogique visant à faire émerger de nouvelles idées, à résumer des principes, des démarches scientifiques, à favoriser certaines observations, à servir de centre d'affichage de résultats ou de données, à inspirer des recherches particulières ou à suggérer des réponses à certaines questions. Les activités relatives à un tableau d'affichage sont souvent réalisées après une investigation scientifique. Un bon tableau d'affichage peut:

- ◇ Poser une question qui exige réflexion. Par exemple: « Comment certains petits animaux font-ils pour se cacher ou se protéger des autres animaux ? »
- ◇ Poser une question qui attire l'attention des élèves sur un phénomène naturel. Par exemple: « Pourquoi les jours sont plus longs en été qu'en hiver ? »
- ◇ Défier la capacité d'observation de l'élève. Par exemple: « Comment les criquets font-ils les bruits (les stridulations) qui les caractérisent ? »
- ◇ Semer le doute dans l'esprit de l'élève. Par exemple: « Est-ce que 100 grammes de cailloux pèsent plus que 100 grammes de plumes ? »
- ◇ Présenter un point de vue différent. Par exemple: « Certaines personnes affirment qu'un chien ne se perd jamais. Comment interpréter alors les petites annonces des journaux qui offrent une récompense à celui qui rapportera un chien perdu ? »

- ◇ Proposer une activité ou une vérification simple qui peut être réalisée à la maison. Par exemple: « Comment savoir lequel de deux oeufs est cuit ? »
- ◇ Inviter l'élève à trouver une réponse grâce à une petite activité qui peut être réalisée à la maison. Par exemple: « Est-il possible de boire la tête près du plancher et les jambes en l'air ? »
- ◇ Demander de l'aide. Par exemple: « Qui peut apporter en classe une boussole et montrer comment elle fonctionne ? »
- ◇ Inciter les élèves à réaliser une petite recherche. Par exemple: « Comment les graines des plantes se dispersent-elles à la surface de la terre ? »

Un tableau d'affichage qui incite à la participation active est préférable à celui qui ne fait qu'inciter à l'observation passive. Mais il est important de savoir qu'une question qui suscite la participation active de l'élève est beaucoup plus difficile à concevoir que celle qui ne fait qu'attirer un regard furtif. Il ne faut donc pas s'étonner si les questions proposées ne produisent pas, dès le premier essai, tous les effets souhaités. Les vraies bonnes questions d'un tableau d'affichage sont rares et souvent trop espacées.

Il faut apprendre à critiquer les tableaux d'affichage qu'on a construits. Il est parfois utile de se poser les questions suivantes:

- ◇ Est-ce que je trouverais la question intéressante, si j'avais l'âge des élèves ? Est-ce que cette question me ferait réfléchir ?
- ◇ Est-ce que la question est assez claire pour être comprise par les élèves ? Est-elle assez stimulante pour être source d'action ?
- ◇ Qu'est-ce que j'aurais envie de faire si on me posait une telle question ?

Les activités proposées sur un tableau d'affichage peuvent être stockées et réutilisées à loisir, année après année. Il est également possible de se faire aider par les élèves, qui sont souvent en mesure de poser des questions susceptibles d'intéresser l'ensemble de la classe. Souvent, il ne s'agira que de reformuler la question posée pour la rendre plus acceptable à l'ensemble. Il est aussi possible d'échanger les tableaux d'affichage avec des collègues enseignant à des élèves du même âge.

Nous avons préparé pour les élèves de 1^{re} et 2^e année deux autres activités d'un tableau d'affichage. Chacune de ces activités s'adresse à l'enseignant ou à l'enseignante qui doit présenter verbalement aux élèves le déroulement de celles-ci. Ces deux activités doivent être réalisées à la maison.

Le deuxième tableau d'affichage (« compte les gouttes ») est plus exigeant que le premier, car l'élève doit partir de données qui lui sont fournies au départ pour inférer la relation : « plus la surface est grande, plus il est possible d'y déposer de gouttes d'eau ». C'est alors qu'il est possible de prédire le nombre de gouttes d'eau qu'on peut déposer sur deux autres pièces dont il faut mesurer les surfaces.

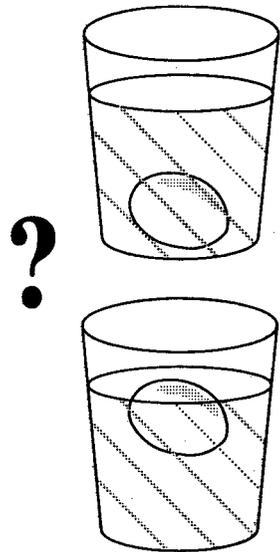
L'œuf surprise

QUESTION :

EST-CE QU'UN OEUF FLOTTE DANS L'EAU SUCRÉE ?

CONSIGNES

1. Demander aux élèves d'essayer de faire flotter, à la maison, un œuf dans de l'eau sucrée.
2. Demander aux élèves combien de cuillerées de sucre ils peuvent déposer dans une tasse d'eau pour que l'œuf flotte.
3. Demander aux élèves d'inscrire au tableau d'affichage les résultats de leur petite expérience.
4. Demander aux élèves si un œuf peut flotter dans d'autres liquides que l'eau salée et l'eau sucrée. Est-ce que l'ajout de sable dans l'eau fera flotter l'œuf ?



5. Prévoir quelques minutes durant la semaine pour discuter des observations des élèves.

Normalement, un œuf ne flotte pas dans l'eau. Le fait d'ajouter à l'eau une certaine quantité de sel ou de sucre permet à l'œuf de flotter. Il faut cependant que le produit ajouté se dissolve dans l'eau pour que l'œuf flotte. L'ajout de sable dans l'eau ne fait donc pas flotter l'œuf. Le sable ne se dissout pas dans l'eau et n'aide pas l'eau à soulever l'œuf.

L'eau salée et l'eau sucrée sont plus lourdes (plus denses) que l'œuf. Pour cette raison, l'eau salée et l'eau sucrée poussent plus sur l'œuf que ne

le fait l'eau du robinet. C'est pourquoi l'œuf flotte dans l'eau salée et l'eau sucrée et non dans l'eau du robinet. L'eau douce ou l'eau du robinet est plus légère que l'œuf. Les scientifiques disent que l'eau douce est moins dense ou moins compacte que l'œuf.

On dit que l'eau salée ou sucrée est plus dense ou plus compacte que l'eau du robinet. Un œuf peut donc flotter sur l'eau salée puisque celle-ci est assez dense ou compacte pour le soutenir. L'eau de mer contient beaucoup de sel et elle est plus compacte ou plus dense que l'eau du robinet. C'est pourquoi il est beaucoup plus facile d'y nager que dans l'eau d'un lac et qu'il est plus facile également pour un bateau de flotter en eau salée qu'en eau douce. L'eau salée de la mer pousse plus vers le haut sous le bateau que ne le fait l'eau douce d'un lac. Voilà quelques-unes des idées qui pourraient résulter d'une discussion des observations des élèves.

Compte les gouttes

QUESTION :

COMBIEN DE GOUTTES D'EAU PEUVENT RECEVOIR DES PIÈCES DE 10 ET DE 25 SOUS ?

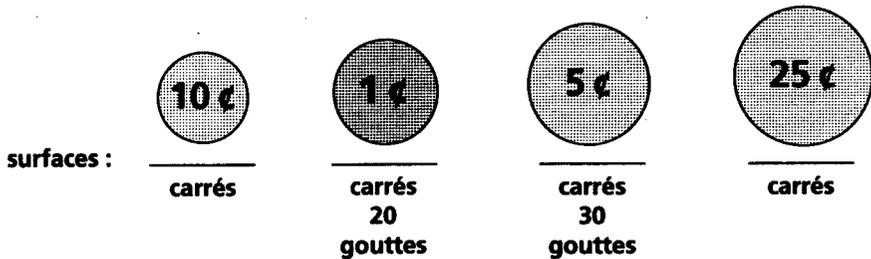
CONSIGNES

1. Partir de la situation suivante : une pièce d'un sou peut recevoir 20 gouttes d'eau et une pièce de cinq sous peut en recevoir 30.
2. Demander aux élèves de prédire le nombre de gouttes que peuvent recevoir des pièces de 10 sous et de 25 sous et d'afficher ces prédictions au tableau d'affichage.
3. Demander aux élèves d'expliquer la démarche suivie pour déterminer le nombre de gouttes prévu.
4. Prévoir quelques minutes au cours de la semaine pour discuter les prédictions obtenues. Si les solutions tardent à venir, fournir des indices aux élèves.
5. Procéder à une vérification pour évaluer, avec les élèves, la justesse des prédictions.

La meilleure façon de prédire le nombre de gouttes sur deux nouvelles pièces de monnaie est d'abord de tenter d'estimer la surface de chaque pièce en comparaison avec les deux pièces de référence. Il suffit

alors de déposer les quatre pièces de monnaie sur un papier quadrillé (quadrillage qu'on peut fabriquer) en ordre croissant de superficie. Plus le quadrillage est fin, plus la mesure sera précise.

Une fois que le nombre de carrés qui recouvre une pièce aura été déterminé, il suffit d'inscrire sous chaque pièce les surfaces obtenues. Il s'agit ensuite de placer vis-à-vis les pièces de 1 sou et de 5 sous les nombres 20 et 30 gouttes.



Il est alors possible d'estimer le nombre de gouttes que pourront recevoir les pièces de 10 et 25 sous. La meilleure façon de procéder serait par l'utilisation d'une règle de trois mais les élèves de 1^{re} et 2^e année n'ont pas encore acquis cette capacité. C'est pourquoi ils doivent estimer le nombre de gouttes prévu en comparant visuellement les surfaces des différentes pièces de monnaie.

L'exposé

L'exposé n'est pas une formule pédagogique que nous préconisons en enseignement des sciences au primaire. Nous croyons, comme nous l'avons déjà énoncé, qu'il existe de bien meilleures façons de faire assimiler des connaissances scientifiques aux élèves. Il est possible dans certaines circonstances, surtout en enrichissement des connaissances, que ce soit la seule avenue possible.

Lors d'un exposé, il faut avoir une bonne idée de ce que les élèves savent déjà. Rien ne sert d'ajouter, ici comme ailleurs, du neuf sur du vieux sans avoir fait de lien entre ceux-ci. Il s'agit d'abord de mettre en opposition les conceptions préalables des élèves, de faire en sorte que l'élève soit moins satisfait de ses connaissances actuelles. L'étape suivante consiste à expliquer verbalement ce qu'on considère comme la conception correcte ou le concept achevé et de s'assurer autant que possible que l'élève comprend bien cette explication. On peut faciliter la réalisation de cette étape en posant beaucoup de questions aux élèves et en permettant la discussion des connaissances présentées. La troisième étape

cherche surtout à faire ressortir les aspects distinctifs des concepts et des principes présentés. Par exemple, s'il s'agit de distinguer un mammifère des non-mammifères du règne animal, il est important, en même temps qu'on présente les caractéristiques ou les traits distinctifs d'un mammifère (vivipare, glandes mammaires, sang chaud et poils sur le corps), de présenter plusieurs contre-exemples. Par exemple : un ver n'est pas un mammifère parce que... ; un oiseau n'est pas un mammifère parce que... Il est bon, en quatrième lieu, de comparer les traits distinctifs du concept achevé aux conceptions préalables identifiées au début de l'exposé. Finalement, il est bon de montrer que le nouveau concept peut être utile parce qu'il peut être appliqué ou parce qu'il explique certaines choses que l'ancien concept ne pouvait pas.

La démonstration

Une démonstration est la réalisation par l'enseignant devant la classe d'une activité ou d'une expérience sans que l'élève ait à manipuler les objets nécessaires à la réalisation de celle-ci. Une démonstration peut être nécessaire quand l'activité peut se révéler dangereuse pour les élèves à cause de leur jeune âge ou quand les élèves n'ont pas assez de dextérité pour réaliser eux-mêmes l'investigation. Également, une démonstration par l'enseignant ou l'enseignante peut être nécessaire s'il n'y a pas assez de matériel pour l'ensemble de la classe ou encore si on souhaite, au début d'une unité d'enseignement, stimuler par l'étonnement l'intérêt des élèves pour les activités et les expériences qui vont suivre.

Une démonstration nécessite une personne qui explique la visualisation d'un phénomène qui se déroule sous les yeux des élèves. Les résultats obtenus au cours de la manipulation des matériaux concrets renforcent et appuient la communication verbale. Bien que ce mélange harmonieux du concret et du verbal favorise la compréhension des élèves, il n'est toutefois pas aussi efficace que l'investigation scientifique qui implique une manipulation de l'élève. Tout au long d'une démonstration, il importe d'avoir en tête les cinq grandes étapes de l'exposé.

La démonstration, pour être efficace, doit respecter un certain nombre de conditions.

- ◇ La démonstration doit être guidée par un objectif clair et précis. Sur ce point, l'activité, l'expérience scientifique et la démonstration ne diffèrent pas fondamentalement l'une de l'autre.
- ◇ La démonstration doit être simple, courte et directe. Rien n'est plus ennuyant qu'une démonstration qui traîne en longueur parce qu'elle a été mal préparée.

- ◇ Il faut encourager les questions de l'auditoire. Celles-ci servent souvent de déclencheur permettant d'intéresser les élèves qui ne suivent que distraitemment la démonstration ou qui ont perdu le fil en cours de route.
- ◇ Il faut favoriser la prise de notes chez les élèves en énonçant plusieurs fois les concepts ou les principes dégagés et en inscrivant au tableau ou sur un transparent certains éléments ou données importantes.
- ◇ Il est important d'avoir un certain plaisir à réaliser la démonstration présentée. Les enfants sont stimulés par un enseignant ou une enseignante un tout petit peu étonné par les résultats obtenus.
- ◇ Finalement, il est important d'évaluer périodiquement la portée et les effets de chaque démonstration ; la meilleure évaluation, cependant, se trouvant dans les yeux des enfants.

L'excursion, la sortie ou la classe de la nature

L'excursion permet à l'élève d'apprendre dans un contexte naturel qui n'est pas aseptisé comme peut parfois l'être la classe au cours d'une activité ou d'une expérience. Il est alors plus facile pour l'élève de saisir la relativité des choses et de voir en action des exemples d'interaction et d'interrelation des objets, des phénomènes et des événements. Cela donne à l'élève l'occasion de comprendre que ce qui est appris en classe, au cours des activités et des expériences, est nécessairement un compromis ou une réduction qui néglige certains aspects de la réalité au profit de certains autres. L'expérience de laboratoire contrôle certaines variables ou garde constants certains aspects ; ce qui n'est pas le cas en milieu naturel.

Une bonne excursion ou une bonne sortie doit être centrée sur un nombre limité de problèmes ou de phénomènes si on veut que l'élève se concentre sur quelques objets et apprenne quelque chose de nouveau et de significatif. Le but principal d'une excursion est **de recueillir des données qui normalement ne pourraient pas être obtenues autrement**, données qui, souvent, seront étudiées plus tard en classe. Il va donc de soi qu'une sortie doit être bien préparée. Au Québec, il est parfois difficile de réaliser des excursions, car nos conditions climatiques peuvent être difficiles à certaines périodes de l'année scolaire, d'où l'importance de bien préparer les classes de la nature.

Il existe, selon nous, cinq types d'excursions ou de classes de la nature : les classes de neige, les classes d'eau (étude de ruisseaux, d'étangs,

de lacs ou de la mer), les classes vertes (étude des animaux et des plantes dans leur milieu naturel), les classes relatives à la voûte céleste (étude du Soleil, de la Lune et des étoiles) et les classes relatives à la croûte terrestre (étude du sol, des roches, des fossiles). Il est bien entendu que ces subdivisions sont arbitraires et qu'il est possible et souhaitable de combiner certaines d'entre elles dans une excursion donnée. Une sortie ne doit pas viser à « changer d'air » ou à « calmer les élèves ». Une sortie commence sur les marches de l'école et peut durer de quelques minutes à une journée. Il n'est pas nécessaire d'aller très loin pour observer l'effet de l'eau après un orage, pour faire l'étude des diverses formes de vie retrouvées dans un parc ou sur un mètre carré de gazon, pour étudier les déchets des êtres humains sur un terrain vague, pour observer l'interaction entre certains insectes et certaines fleurs, pour observer une toile d'araignée après une pluie, pour faire un recensement des diverses plantes et des divers animaux dans la cour de l'école, pour étudier les animaux qui vivent de la décomposition d'un morceau de bois en forêt ou sur un terrain vague, pour faire l'étude des taux de croissance des plantes dans la cour de l'école, pour étudier le déplacement des ombres par rapport à la position du Soleil dans le ciel, pour étudier l'effet du vent sur l'érosion des murs de l'école ou sur une pierre tombale...

Pour décider si une excursion est utile, on peut se poser les questions suivantes : « Est-ce que les élèves vont mieux apprendre dans une excursion qu'en classe ? » « Est-ce que ce qui sera appris hors de la classe sera un complément à ce qui a été ou sera réalisé en classe ? »

L'excursion ou classe de la nature comprend généralement trois phases bien distinctes. Premièrement, il est nécessaire de préparer, d'organiser et de planifier la sortie. Le lieu de la sortie doit avoir été choisi avec soin selon les objectifs visés. L'enseignant ou l'enseignante doit avoir préalablement inspecté le lieu pour s'assurer qu'il ne présente aucun danger pour les élèves et que celui-ci correspond à la nature de l'activité. Cette étape de planification comprend également les démarches visant à obtenir, d'une part, les autorisations des responsables scolaires et des propriétaires ou encore des responsables autorisés de certains terrains et, d'autre part, les documents appropriés à la réalisation de cette classe de la nature. C'est également à cette étape que l'enseignant ou l'enseignante doit chercher de l'aide, non seulement en ce qui a trait à la préparation, mais aussi à la réalisation de l'excursion. La préparation des élèves à une excursion, qu'il s'agisse d'activités, de lectures ou de films comprend aussi l'identification de problèmes ou de tâches que devront réaliser les élèves. C'est à cette étape également que l'on décide s'il est souhaitable de se faire accompagner par un ou deux parents.

Plusieurs questions qui peuvent être posées et plusieurs problèmes qui peuvent être solutionnés au cours d'une excursion reposent sur

l'observation plutôt que sur l'expérimentation. Selon le type d'excursion réalisé, il faut donc faire en sorte que l'élève se comporte en biologiste, en géologue, en astronome ou en météorologue. Ces disciplines exigent souvent l'observation de phénomènes naturels dans leur état naturel. Dans ce contexte, les habiletés scientifiques telles que la classification, la sériation et l'interprétation des animaux, des plantes, des roches, des minéraux et des étoiles ont préséance sur des habiletés comme l'expérimentation et le contrôle des variables. A cette étape, il faut également planifier la durée de l'aller et retour au site choisi, qui, autrement, devient souvent du temps perdu.

Deuxièmement, l'enseignant ou l'enseignante, au cours d'une excursion, doit faire preuve de leadership. En effet, il faut signaler ici et là les objets et les phénomènes qui méritent d'être observés, montrer les échantillons à recueillir et indiquer comment les étiqueter. Il faut aussi s'assurer que les élèves sont respectueux du milieu naturel dans lequel ils se trouvent, indiquer au bon moment les activités qui doivent s'y dérouler et les observations qui peuvent être réalisées, faire toucher les matériaux appropriés, signaler certains dangers qui guettent l'élève intrépide, faire preuve d'enthousiasme devant certains phénomènes et s'assurer que tous les élèves participent aux activités de l'excursion.

Troisièmement, toute excursion doit faire l'objet d'une discussion en classe immédiatement au retour, ou à un moment le plus rapproché possible. Cette dernière phase d'une classe de la nature est aussi importante que les deux premières, car c'est à ce moment que se consolident les notions acquises et que se créent de nouvelles significations. Il s'agit d'une occasion rêvée pour faire le point et pour évaluer l'acquisition de certains apprentissages. À cette étape, il est possible de demander aux élèves de rédiger un rapport dans leur cahier de sciences, document pédagogique qui pourra être transmis aux parents.

BIBLIOGRAPHIE

- Ausubel, David P.** (1968). *Educational Psychology : A Cognitive View*, New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Gibson, Eleanor j.** (1969). *Principles of Perceptual Learning and Development*, New York, Appleton-Century-Crofts.
- Novak, Joseph D. et D.B. Gowin** (1984). *Learning How to Learn*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Schumacher, E.F.** (1989). *Small is Beautiful : une société à la mesure de l'homme*, Paris, Seuil.

CHAPITRE

7

Les conceptions préalables des élèves

S'il fallait réduire tout ce que nous enseigne la psychologie de l'apprentissage à un seul principe, je vous dirais : le facteur unique ayant le plus d'effet sur ce qu'apprendra l'élève est ce qu'il sait déjà. Assurez-vous d'abord de l'état de ses connaissances actuelles et enseignez-lui en conséquence.

(David P. Ausubel, 1968)

Si, à première vue, travailler sur les conceptions des apprenants peut être perçu comme une perte de temps, l'expérience montre qu'il est indispensable de les prendre en compte... À la condition de ne se pencher que sur celles qui en valent la peine.

Et si vous essayiez de repérer quelques représentations qui posent problème à vos élèves.

(Gérard De Vecchi et André Giordan, 1988)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Pourquoi est-il important de tenir compte des conceptions préalables des apprenants dans l'enseignement des sciences au primaire ?
- Comment est-il possible de dégager les conceptions préalables des apprenants dans l'enseignement des sciences de la nature ?
- Quels sont les obstacles à l'évolution des conceptions de l'apprenant dans l'apprentissage des sciences de la nature ?

INTRODUCTION

Nous avons laissé en suspens lors du traitement des sept étapes de notre démarche pédagogique (voir le chapitre 6), le diagnostic des conceptions préalables de l'élève, cette étape étant trop importante pour être discutée en même temps que la présentation générale de la méthodologie préconisée. Il en a été de même pour la procédure expérimentale et les protocoles expérimentaux, auxquels sera consacré le chapitre 8.

Le plus important dans tout apprentissage est le travail et la participation de l'apprenant. Personne ne peut apprendre à la place de l'élève et il n'existe pas de formule pédagogique magique qui puisse se substituer à son effort. Il ne suffit donc pas pour l'élève de faire acte de présence à l'école. Dès son plus jeune âge, l'enfant doit avoir la conviction qu'il ou elle est responsable de son apprentissage. Il devient donc urgent, dès son entrée à l'école, de développer chez l'élève une attitude positive envers un apprentissage responsable. Le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante, dans le cheminement de l'élève est de préparer l'environnement de la classe et de faire en sorte que l'élève apprenne le plus efficacement possible. Bref, son rôle consiste à mettre en place les conditions qui favorisent l'apprentissage de l'élève.

Une analyse détaillée de ce rôle permet de dégager quatre composantes fondamentales. La première composante est d'identifier ce que l'élève sait déjà. En effet, rien ne sert de proposer du neuf sans avoir une bonne idée de ce que sait déjà l'élève.

La deuxième composante est de proposer, de présenter ou de soumettre à l'attention de l'apprenant ce qu'on souhaite lui faire apprendre. Souvent, ce qu'on souhaite faire apprendre à l'élève est déjà prescrit par le programme. Parfois, mais rarement, l'enseignant ou l'enseignante aura la liberté d'effectuer ce choix. Il est toujours possible pour l'enseignant ou l'enseignante de choisir la formule pédagogique qu'il ou elle croit la plus utile pour favoriser l'apprentissage de l'élève.

La troisième composante est de simplifier ce qui est à apprendre. Il s'agit d'essayer d'identifier des situations d'apprentissage qui permettront de développer chez l'apprenant les habiletés, les attitudes et les concepts visés. Ce n'est pas un hasard si la simplification est aussi le rôle principal des disciplines du savoir ainsi que la vocation première des concepts qui meublent la structure cognitive d'une personne. Les concepts, on le sait, sont à la fois des simplifications et des généralisations qui visent à éliminer tous les attributs non pertinents d'une réalité donnée. Le concept que dégage puis que fait sien un individu doit tenter d'aller à l'essence même d'une chose, d'un phénomène, d'un événement ou d'une situation en essayant de dégager les traits distinctifs et les invariants de cette réalité.

Le concept est une abstraction et la fonction de toute abstraction est de simplifier, c'est-à-dire de réduire la complexité de notre expérience en choisissant certains aspects et en négligeant certains autres. L'enseignement d'une matière, d'un concept, d'une loi et d'une théorie serait donc comme le prolongement d'une nécessité de simplifier la réalité construite.

La quatrième composante est de chercher à suggérer ou à faire découvrir des liens entre les concepts, donc de faciliter l'apprentissage de l'élève. L'enseignant ou l'enseignante doit encourager la synthèse et favoriser l'émergence de liens entre les concepts déjà existants dans la structure cognitive de l'élève et les concepts scientifiques qu'il ou elle souhaite lui faire acquérir, et ce, même si c'est l'élève qui en dernière analyse établit, consolide et coordonne ces liens. Cette synthèse forme à la longue ce que nous avons appelé la structure conceptuelle, la structure méthodologique et la structure attitudinale et axiologique des sciences de la nature. L'enseignant ou l'enseignante doit faire en sorte que les concepts, les lois, les habiletés, les attitudes et valeurs acquises se combinent pour former des ensembles cohérents ou des structures bien articulées. Il va de soi que cette synthèse pourra, par le jeu des interrelations, solidifier ou déstabiliser la structure cognitive de l'élève. C'est à ce niveau que se situe la valeur éducative de l'enseignement.

Lorsqu'on veut faire apprendre quelque chose de significatif à l'élève, il faut prendre son temps. Rien ne sert d'aller trop vite, car tout ce qui sera appris aura peu de signification et sera rapidement oublié. Mais que reste-t-il après un apprentissage superficiel parce que trop rapide ? Souvent, il ne reste qu'un vocabulaire sans signification ainsi que des clichés sans utilité. En éducation, la qualité doit toujours avoir préséance sur la quantité. L'apprentissage est un phénomène plus complexe qu'on ne le croit généralement. Par exemple, il est possible de faire apprendre en quelques instants que l'eau pure gèle à 0 °C ou que l'air est constitué d'environ 20 % d'oxygène. Il ne s'agit que d'un savoir factuel. Cependant, le véritable savoir conceptuel s'acquiert progressivement par étapes et non d'une façon ponctuelle. Un concept tel que l'énergie s'affine progressivement. Dans un premier temps, le concept d'énergie pourra correspondre à un mot associé à certains exemples concrets. Par exemple, un réveille-matin qu'on remonte contient plus d'énergie qu'un réveille-matin non remonté ; l'eau chaude renferme plus d'énergie que l'eau froide ; un arbre contient plus d'énergie que les minéraux et l'eau qu'il a puisée dans le sol ainsi que le gaz carbonique extrait de l'air lors de sa croissance ; il y a plus d'énergie dans une eau agitée que dans une eau calme ; une pierre au repos sur le flanc d'une montagne possède plus d'énergie que cette même pierre au repos dans le fond de la vallée. Avec le temps et grâce aux situations explorées et à l'intervention d'enseignants qui le guideront dans son apprentissage, l'élève arrivera après

plusieurs années à comprendre la signification du principe de conservation de l'énergie. Le concept d'énergie, comme beaucoup d'autres, ne s'acquiert pas en une seule fois, mais par étapes qui s'échelonnent sur plusieurs années. Un concept comme l'énergie évolue durant toute une vie, car il est continuellement en interaction avec d'autres concepts. C'est pourquoi il est important de faire naître très tôt chez les élèves une attitude positive envers l'apprentissage continu.

Pour que l'élève devienne l'acteur principal de la transformation de sa pensée, encore faut-il lui en donner la chance, c'est-à-dire le confronter à ses conceptions préalables. Le rôle principal de l'enseignant ou de l'enseignante au début d'une activité ou d'une expérience est donc, selon cette approche, de favoriser cette prise de conscience. Ce sera par la suite l'apprenant qui devra avec l'aide de l'enseignant ou de l'enseignante, transformer ses conceptions pour qu'elles soient en accord avec la réalité perçue. Cette approche rendra l'élève plus autonome et responsable de son apprentissage. C'est l'élève qui doit construire ses connaissances, ce qui signifie souvent qu'il doit remanier profondément, transformer ou reconstruire les éléments pertinents de sa structure cognitive. Ce processus de reconstruction, en s'appuyant sur «l'ancienne construction» exige du temps. Les conceptions anciennes «s'effacent» progressivement pour être remplacées par des conceptions plus en harmonie avec la réalité perçue.

Au cours de son apprentissage, l'élève doit écouter, lire, imaginer, discuter, participer, concevoir, faire preuve de créativité, écrire, appliquer, solutionner... L'élève doit aussi, et c'est là que la pédagogie peut lui être d'un grand secours, mettre en doute ce qu'il « sait déjà ». Pour y arriver, l'élève doit procéder à des modifications et consentir à certaines ruptures, ce qui implique à la fois des réaménagements, des déplacements et des remodelages, mécanismes de changement qui sont souvent très difficiles pour un grand nombre d'êtres humains.

L'IMPORTANCE DE TENIR COMPTE DES CONCEPTIONS PRÉALABLES DES ÉLÈVES

Dès leur plus jeune âge, les enfants développent des concepts leur permettant d'expliquer la nature qui les entoure. Ces concepts, dans bien des cas, découlent des actions de pousser, de tirer, de laisser tomber, de soulever, de toucher... L'enfant, très jeune, se rend vite compte que les objets qu'il cesse de tenir tombent, que la balle qu'il pousse roule, que les objets pointus piquent, qu'un élastique tendu reprend sa forme... Avec le temps, l'enfant établit des relations entre ses différentes expériences et formule des explications spontanées. Plus tard, au primaire, quand

l'enfant s'initiera aux sciences de la nature, il ou elle aura déjà construit un bon nombre d'explications en lien avec son environnement naturel. Dans bien des cas, les constructions élaborées dans l'enfance seront bien ancrées dans sa structure cognitive et seront différentes des explications que souhaiteront lui faire apprendre l'école et le programme en sciences de la nature.

Les enfants, d'après Helm et Novak (1983), arrivent à l'école avec un bagage important de conceptions sur le fonctionnement de la nature. Parfois, ces conceptions préalables constituent une base sur laquelle de nouveaux concepts pourront s'édifier. Parfois, ces conceptions seront en désaccord avec les principes de la science officielle, c'est-à-dire avec les concepts scientifiques.

Ainsi, l'élève du primaire aborde souvent l'apprentissage des sciences avec des idées préconçues, idées qui auront une influence sur ce qui sera appris dans les activités et les expériences de sciences à venir. Il est donc important de connaître les idées des enfants sur un sujet avant de commencer à leur enseigner. Cet aspect est trop souvent négligé. C'est un peu comme si quelqu'un vous téléphonait pour vous dire qu'il s'est perdu en se rendant à votre domicile. Votre première réaction serait de lui demander où il se trouve présentement. Vous ne pouvez pas logiquement commencer à lui donner des directions sans connaître son lieu de départ actuel. Par analogie, il est important de connaître le point de départ d'un enfant ou d'un groupe d'enfants avant de commencer à enseigner.

Il est important de comprendre que les enfants ont déjà en tête des représentations personnelles de leur environnement naturel et que celles-ci sont parfois incompréhensibles. Il faut aussi savoir que ces idées, même si elles vont à l'encontre des données dégagées d'une activité, d'une expérience ou d'une explication, vont parfois persister. Les conceptions préalables des élèves sont parfois si stables qu'elles résistent longtemps aux données qui les contredisent ; ces conceptions referont surface à la première occasion si le changement n'est que superficiel.

L'enfant ne sent pas toujours le besoin de développer une explication cohérente pour décrire un ensemble de phénomènes naturels puisque souvent ses explications sont satisfaisantes et les prédictions ponctuelles obtenues sont utiles. Les besoins de cohérence ne sont pas nécessairement les mêmes pour les enfants que pour les scientifiques. La réalisation d'une expérience de sciences de la nature étonnera souvent l'enseignant ou l'enseignante par la diversité des explications fournies par les élèves. Soulever les contradictions qui découlent de certaines des explications des élèves ne suffira pas nécessairement à les convaincre de l'inexactitude de leurs explications. Parfois même, les élèves ignorent les contre-preuves qu'on leur fournit et se contentent de leurs idées

préscientifiques pour interpréter les données obtenues, L'élève peut, semble-t-il, s'accommoder de plusieurs idées contradictoires. Il peut, par exemple, croire que l'aluminium est un métal qui garde le café chaud longtemps parce que la cafetière chez lui est en aluminium et croire en même temps qu'un contenant en aluminium permet à l'eau de se refroidir rapidement parce que l'aluminium est un bon conducteur de chaleur.

L'acquisition d'un vocabulaire scientifique ne signifie pas nécessairement la compréhension par l'élève des concepts que devraient normalement recouvrir ce vocabulaire. Souvent, les termes employés par l'élève sont mal dominés, vides de sens réel et ne constituent qu'une terminologie floue ne correspondant pas du tout à l'acquisition des concepts qu'ils représentent. Les élèves, par exemple, peuvent utiliser le terme «densité» sans pouvoir le distinguer du poids, sans pouvoir préciser ce qu'ils entendent par ce mot et comment ce concept peut être appliqué à une forêt ou à une foule d'êtres d'humains. D'autres concepts associés à des phénomènes (ex. : la lumière, la digestion, la reproduction, la gravité, la température, la pression) pourraient également être donnés en exemple. L'emploi du vocabulaire ne signifie pas que l'élève maîtrise nécessairement les concepts sous-jacents. Il faut chercher à trouver quelles idées les apprenants associent à ces mots ou expressions.

D'après l'approche constructiviste, il importe donc, pour modifier la pensée de l'élève de faire plus que lui dire qu'il ou elle a fait erreur et lui fournir la bonne réponse. Il semble qu'une personne ne change pas d'idée tant que l'explication qu'elle a d'un objet, d'un phénomène et d'un événement lui convient et lui suffit pour atteindre ses buts. Il faut rendre la conception de l'élève inappropriée pour expliquer une situation et lui présenter des explications plus viables. L'expression par l'élève de ses conceptions préalables n'est en fait que le point de départ de la démarche pédagogique que nous avons décrite au chapitre 6. Il s'agira ensuite, dans les autres étapes de la démarche pédagogique, de modifier, de bousculer et parfois de remplacer complètement certaines conceptions en place dans la structure cognitive de l'élève.

Pour savoir comment tenir compte des conceptions préalables des enfants, Driver (1985) propose quelques solutions.

1. **Donner aux élèves l'occasion d'explicitier leurs idées.** Dans un contexte scolaire, l'identification des conceptions préalables peut se faire individuellement, collectivement ou en petits groupes, oralement ou par écrit.
2. **Tenter d'étonner l'élève par une question ou proposer une expérience dont les résultats vont à l'encontre des idées en place.** Cependant, pour que cette tentative ait de l'effet, les enfants doivent prendre conscience de leurs idées actuelles sur le sujet.

L'élève ne peut manifester de l'étonnement par rapport à un aimant qui attire un clou à travers une plaque de cuivre que s'il croit que la force magnétique de l'aimant est bloquée par tous les métaux ou par la plupart d'entre eux. C'est pourquoi il est bon que l'élève prenne conscience de ce qu'il ou elle croit avant de tenter de l'étonner ou de lui enseigner. Autrement, les résultats obtenus d'une expérience seront souvent perçus comme des faits divers.

3. **Donner à l'élève l'occasion de confronter ses idées avec celles des autres.** La discussion en classe et l'investigation en petits groupes peuvent aider l'élève à mettre ses idées en doute. En lui permettant de discuter librement et de confronter ses idées à celles des autres, l'enfant pourra changer sa conception des choses.
4. **Fournir à l'élève la possibilité de considérer en même temps plusieurs idées plausibles.** Il est important de permettre à l'élève de considérer simultanément plusieurs explications possibles d'un même phénomène et d'éviter de lui fournir tôt, dans la démarche la bonne réponse. Lorsque plusieurs idées sont présentées, il est bon de les inscrire au tableau pour permettre une discussion.
5. **Permettre à l'élève de voir comment les concepts et lois dégagés de l'expérience s'appliquent.** Il est bon que les élèves voient les applications et les conséquences des concepts et des lois dégagés d'une investigation. L'application donne confiance à l'élève et lui permet de voir l'utilité et les effets possibles de ce qu'il vient d'apprendre.

Il est à noter que la démarche pédagogique proposée au chapitre 6 tient compte de toutes les recommandations proposées par Driver *et al.* (1985).

D'après Ausubel (1968), l'apprentissage nouveau dépend en grande partie de ce que sait déjà l'élève. Plus il a de préalables pertinents en place dans la structure cognitive de l'élève, plus il est possible d'apprendre en peu de temps. Il importe donc de mettre en place des bases solides pour l'apprentissage futur.

L'apprentissage véritable est facilité lorsque l'élève a réussi à prendre conscience de la non-adéquation de ses conceptions préalables avec celles des autres élèves ou avec les données dégagées de l'investigation. Cela l'aidera à reconstruire ses conceptions de départ. Dans ce contexte, l'enseignement, plus qu'une présentation de l'information à apprendre, doit partir et prendre en compte les conceptions préalables des enfants et leur fournir de multiples occasions d'évaluer les concepts qu'ils auront construits au cours de leur vie. Pour ce faire, il s'agit de les placer dans un

environnement flexible, qui encourage l'exploration libre et permet l'auto-évaluation des idées construites.

La recherche scientifique montre que le savoir scientifique est mal intégré, tant au primaire qu'au secondaire. « Pourtant un certain nombre d'études, tant en Europe qu'aux États-unis, montrent avec une régularité certaine que le savoir scientifique "passe mal", qu'il est peu intégré ou rapidement oublié, et surtout qu'il est rarement utile, du fait qu'il s'avère peu mobilisant dans la pratique de tous les jours. » (Giordan et De Vecchi, 1987) « Les cours de sciences ne donnent donc pas les résultats réellement attendus. Les programmes sont pourtant traités dans leur plus grande partie, les examens sont globalement réussis et, malgré cela, le savoir acquis est extrêmement limité. Comment peut-on interpréter cela ? » (De Vecchi et Giordan, 1989)

S'il ne suffit pas de plaquer des nouvelles connaissances sur des connaissances existantes pour qu'il y ait apprentissage significatif, il ne suffit pas non plus de demander aux élèves d'exprimer leurs conceptions. Il faut partir des conceptions de l'élève et l'amener à modifier sa structure cognitive, sinon, rien de valable n'aura été accompli. C'est à ce moment qu'une investigation scientifique bien menée pourra modifier les conceptions de l'élève. C'est à ce moment que l'élève pourra mettre en doute ses idées préalables, qu'il pourra commencer à éliminer les stéréotypes et les notions simplistes. Ne pas tenir compte des conceptions préalables des élèves, c'est faire en sorte qu'elles persistent à l'état latent. Un savoir plaqué, qui n'a pas modifié la structure cognitive de l'élève est un savoir limité parce que peu intégré. C'est un savoir qui glisse sans être assimilé ; c'est un savoir rapidement oublié et peu utile. Il faut donc comprendre l'extrême ténacité de certains concepts préalables et il ne faut pas non plus espérer qu'on pourra facilement les déloger. Il faut souvent confronter, critiquer et remettre en cause ces conceptions. « Nous avons vu que les représentations correspondent à une réalité et qu'il n'est pas très efficace de les ignorer puisque, dans ce cas, les connaissances visées par l'enseignant ne sont pas véritablement acquises. Elles correspondent à une pellicule placée artificiellement sur les conceptions préalables qui n'en persistent pas moins et empêchent l'intégration du savoir. » (De Vecchi *et al.*, 1989)

Toute personne cherche à comprendre et à interpréter le monde qui l'entoure en se référant à une grille de lecture de son environnement. Les élèves n'agissent pas autrement. Ce que l'élève va apprendre dépend donc de ses connaissances et de la situation qui se présente. Les nouvelles connaissances, dans certains cas, seront partiellement ou totalement en conflit avec les connaissances actuelles ou les savoirs familiers. Par contre, certains de ces savoirs sont superficiels et l'élève acceptera facilement de les changer. D'autres savoirs sont bien ancrés (ex. : croire qu'une pierre

de 5 kilogrammes tombe plus rapidement qu'une pierre de 1 kilogramme). La personne, enfant ou adulte, n'acceptera pas de changer facilement ce type de savoir. Si elle accepte de le faire, cette modification sera souvent superficielle, ce qui signifie que la personne retournera à sa représentation initiale après peu de temps. Tout dans la vie quotidienne invite cette personne à croire que plus la masse d'un objet est grande, plus il tombera rapidement. Un objet lourd n'a-t-il pas plus d'effet qu'un objet léger ? Son impact ne creuse-t-il pas un trou plus grand dans le sol ? N'est-il pas plus difficile à soulever ? Ne faut-il pas plus d'effort pour pousser une voiture lourde qu'une petite voiture ? La brindille d'un arbre ne tombe-t-elle pas plus rapidement qu'une feuille de cet arbre ? Toutes ces observations spontanées, et sans doute bien d'autres encore, incitent l'élève à croire que plus un objet est lourd plus il tombera rapidement. Dans chacun de ces cas, au cours d'observations spontanées, l'observateur ne fait aucun effort pour contrôler les variables. Pour celui ou celle qui possède le concept scientifique approprié, la brindille tombe plus vite que la feuille, non pas à cause de sa plus grande masse, mais parce que la feuille, étant donné sa grande surface, est continuellement supportée par l'air. C'est ce qui fait qu'elle tombe plus lentement ; la résistance de l'air étant plus grande pour la feuille que pour la brindille. Dans le vide, on le sait, la brindille et la feuille tombent à la même vitesse. Pour ce qui est de l'impact des objets, tout enfant comprend très tôt qu'il est plus dangereux de se faire frapper par un objet lourd que par un objet léger et ce, même si ces deux objets se déplacent à la même vitesse. Il sait également qu'un objet à grande vitesse peut le blesser gravement. Petit à petit, l'enfant en arrive à croire que la masse d'un objet est responsable de sa vitesse. C'est ainsi que se forme chez toute personne un réseau de relations qui constituent sa structure conceptuelle. Cela devient un savoir familier qu'il est difficile de déloger. Beaucoup d'autres conceptions spontanées ont une histoire similaire. Il est facile de comprendre que le petit dernier savoir ne remplacera pas rapidement celui en place. Il doit, pour que cela se produise, montrer qu'il est plus utile et plus puissant que le savoir familier déjà en place dans sa structure cognitive.

Par ailleurs, il semble que les conceptions préalables des élèves sont moins résistantes lorsqu'il s'agit de se représenter le fonctionnement d'appareils électriques, le comportement de l'électricité et le passage du courant dans les circuits électriques et ce, même s'il s'agit d'un phénomène simple de la vie courante. Il s'agit souvent de conceptions préalables qui n'ont pas une histoire aussi longue que celle de la chute des corps. Les enfants ont souvent des conceptions préalables bien ancrées lorsqu'il s'agit de phénomènes naturels comme le jour et la nuit, des cycles des saisons et les phases de la lune. Certains enfants croient qu'il fait jour quand le soleil monte et qu'il fait nuit quand la lune monte. D'autres croient que la nuit se produit quand les nuages cachent le soleil.

D'après De Vecchi et Giordan (1989), il existe un ensemble d'obstacles à l'évolution des conceptions chez les apprenants. En voici quelques-uns :

1. L'apprenant manque d'information.
2. L'apprenant n'a pas envie de changer de conception.
 - ◇ le problème abordé ne le motive pas ;
 - ◇ les questions qu'il se pose ne sont pas celles soulevées par l'enseignant ;
 - ◇ l'élève ne se pose pas de questions car il croit déjà savoir : il pense avoir une explication ou possède des « mots » qui lui donnent l'impression de connaître ;
 - ◇ il est porteur d'un savoir dont il a pu éprouver l'efficacité dans quelques situations ; il s'en contente, ce qui ne lui permet pas de le dépasser.
3. L'apprenant n'arrive pas à construire une nouvelle connaissance car il a déjà des idées préconçues qui l'empêchent de percevoir la réalité du phénomène ou d'intégrer une nouvelle information qui vient en contradiction avec la représentation initiale.
4. L'apprenant est incapable de construire un savoir car il ne possède pas les outils nécessaires à cette intégration (opérations mentales, méthodologie à utiliser, connaissances périphériques qu'il faut posséder pour comprendre ce qui est apporté...) ».

En résumé, les élèves arrivent à l'école avec un ensemble de représentations de la réalité dont on peut tenir compte ou non. L'énoncé d'Ausubel (1968) présenté au début de ce chapitre est tout à fait révélateur. Il faut donc prendre en considération ce que l'élève sait déjà et lui enseigner en conséquence. Mais que veut dire « [...] enseignez-lui en conséquence ?

FAÇONS DE DÉGAGER LES CONCEPTIONS PRÉALABLES DES ÉLÈVES

« L'enseignant peut avoir plusieurs attitudes face aux conceptions des élèves. Il peut “ faire sans ” comme 99% des pédagogues, en utilisant des méthodes habituelles. Il peut “ faire avec ” en prenant leur expression. Il peut “ faire contre ” en tentant de convaincre les enfants qu'ils se trompent, puis leur transmettre le véritable savoir. » (De Vecchi et Giordan, 1989).

Il serait possible de dégager les conceptions préalables des élèves dans le but de les identifier, de les disséquer puis de les réorganiser afin

de les faire évoluer vers des conceptions similaires à celles tenues par la communauté scientifique. Il serait possible aussi de les identifier pour ensuite les réfuter, les extirper ou les remplacer. Nous croyons qu'il est préférable de confronter l'apprenant à ses conceptions préalables avant de lui faire réaliser une activité ou une expérience qui viendra contredire ou renforcer ses concepts préscolaires. Il s'agit, comme le dit De Vecchi et Giordan (1989) de «faire avec». C'est une méthode qui pourrait être qualifiée de changement conceptuel.

Il existe plusieurs façons de déterminer les conceptions préalables des élèves. Il y a les entrevues cliniques, les questions orales ou écrites, la discussion en classe ou en petits groupes, les prétests, les simulations, les diagrammes de concepts, la rédaction d'un texte sur un sujet donné (qui peut être accompagné d'un dessin) ou une combinaison de ces moyens. Pour qu'elles soient utiles et surtout faisables dans un cadre scolaire, les techniques utilisées doivent être simples d'application et exiger peu de temps.

Faire émerger les conceptions préalables des élèves n'est pas un processus très long. Ce qui est plus long, par contre, c'est de faire identifier par l'élève les traits distinctifs de ses conceptions ainsi que les contradictions et les limites de celles-ci. Certains parlent alors de conflits cognitifs. Une telle démarche prend du temps mais amène souvent l'élève à construire des concepts plus puissants, plus généraux et plus inclusifs qui auront un plus grand pouvoir explicatif.

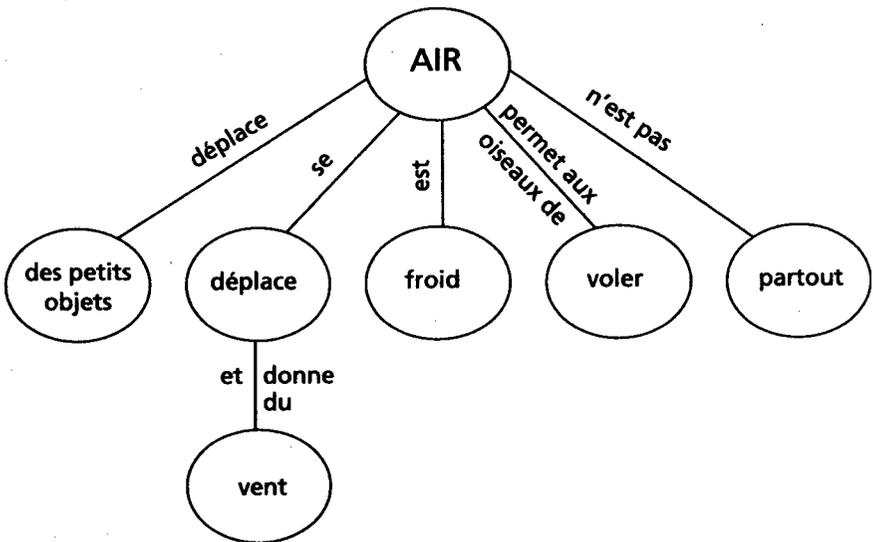
Bien qu'il existe plusieurs façons d'aborder le problème de l'identification des conceptions préalables, nous croyons qu'il faut d'abord commencer par la construction d'un diagramme de concepts. Novak et Gowin (1984) ont proposé une technique d'analyse qui peut être utile à notre démarche. Elle consiste d'abord à rattacher à un concept principal d'autres concepts qui lui sont associés ou qui viennent à l'idée de l'élève lorsqu'on lui propose un mot qu'il ou elle connaît déjà ou une question simple. Un diagramme de concepts est une représentation schématique qui permet de visualiser un lien entre deux concepts. Cette relation est exprimée sous la forme d'un énoncé le plus simple possible. La plupart des diagrammes de concepts sont formés de plus de deux concepts et de plusieurs énoncés. L'organisation de ce diagramme doit tenir compte de la pensée des élèves qui participent à son élaboration et n'a donc pas à être conforme aux concepts achevés que propose la communauté scientifique. Il est à noter que Novak et Gowin (1984) proposent également l'utilisation de diagrammes de concepts comme moyen d'enseignement, d'évaluation ou de recherche.

Le rôle du diagramme de concepts est de fournir une carte routière permettant de visualiser quelques-unes des relations qu'évoquent les élèves lorsqu'on leur propose un mot, une idée, un sujet, un thème ou une

question. Il permet en outre d'identifier les concepts et les liens manquants, de constater certaines conceptions erronées et de préparer pour l'enseignement qui va suivre une représentation visuelle des conceptions préalables des élèves.

La figure 7.1 est une représentation schématique d'un diagramme de concepts qui pourrait être construit à partir des idées suggérées par les élèves lorsqu'on leur demande de nous parler de l'air qui les entoure. La question suggérée pourrait être : « À quoi vous fait penser l'air ? » La figure 7.1 nous révèle qu'au moins un ou une élève croit que l'air peut déplacer de petits objets. Cela n'est que partiellement vrai puisque l'air déplace aussi de très gros objets comme un arbre et très difficilement des objets relativement petits comme une pièce de monnaie. La proposition suivante est vraie puisque l'air se déplace et que ce déplacement donne le vent. L'air est aussi perçu par au moins un ou une élève comme étant froid, ce qui est souvent vrai dans nos climats nordiques, mais l'air peut être chaud lorsqu'il émane de la chaufferette d'une voiture. Que l'air permet aux oiseaux de voler est une affirmation incomplète mais acceptable, car il permet aussi aux avions de voler. Finalement, il est affirmé dans ce diagramme que l'air n'est pas partout, ce qui est une erreur. L'air, on le sait, occupe tous les espaces disponibles, même les plus petits.

FIGURE 7.1
Diagramme de concepts relatifs à l'air



Il aurait été possible de noter d'autres relations dans ce diagramme. Les élèves auraient pu noter que l'air est invisible, que l'air est sans odeur, qu'il n'a pas de goût, qu'il a un poids, qu'il peut être transporté dans un contenant, qu'il n'a pas de forme précise, qu'il peut contenir de l'eau (de l'humidité), que les êtres humains et les animaux le respirent, qu'il peut être pollué, qu'on peut entendre son sifflement, qu'il a une température, qu'il est un gaz...

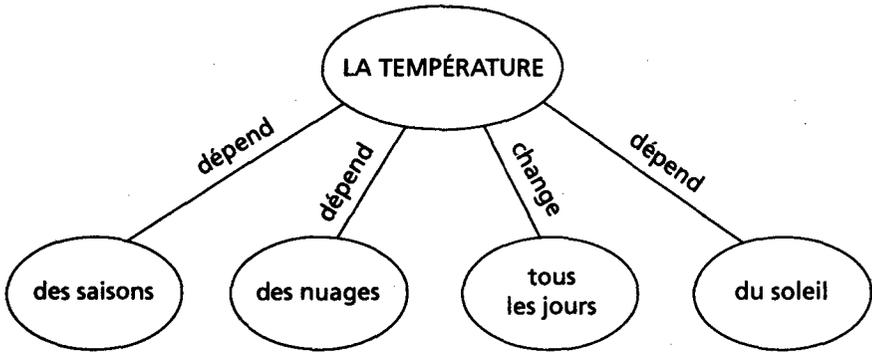
Sauf pour ce qui est de la forme, il ne faut pas modifier un diagramme de concepts parce qu'il contient des erreurs, ou parce qu'il est incomplet. Son rôle, il ne faut pas l'oublier, n'est pas de présenter à l'élève les concepts achevés de la science officielle mais de décrire le plus fidèlement possible les conceptions des élèves avant que ne débute l'enseignement.

La figure 7.2 représente un début d'élaboration d'un diagramme de concepts se rapportant à la température. Il est à noter que ce concept pourrait éventuellement se rattacher au diagramme des concepts se rapportant à l'air. Selon la première relation que montre ce diagramme, la température dépend des saisons et varie d'une saison à l'autre. Cette relation aurait pu être complétée en précisant les variations qui ont lieu pendant chaque saison. Ensuite, il est écrit que la température dépend des nuages. Cet énoncé n'est que partiellement vrai. Il peut faire très chaud ou très froid sous un ciel nuageux ou sous un ciel bleu. On affirme aussi dans ce diagramme que la température change tous les jours. Cela, quoique très général, est vrai car il y a tous les jours des changements, bien que parfois très faibles. Finalement, on affirme que la température dépend du soleil. Ce dernier énoncé, même s'il est vrai, doit être considéré avec réserve, car cela semble avoir été appris sans avoir nécessairement été compris. En fait, d'un point de vue météorologique, tout dépend du soleil. Il est donc peu probable qu'un jeune enfant ait développé par lui-même ce concept. Fort probablement, il ne fait que répéter ce qu'on lui a transmis.

Il ne faut pas corriger les diagrammes inscrits au tableau, à moins que les élèves l'exigent ou rejettent globalement ce qui est proposé. Leur rôle est de représenter fidèlement les conceptions des élèves avant le début de l'enseignement. Si les élèves ont des conceptions opposées d'un phénomène, il est possible d'afficher au tableau des diagrammes différents. Mais ces diagrammes sont souvent simples, surtout lorsqu'on les réalise pour la première fois avec un groupe d'élèves. Parfois les réponses risquent d'être rudimentaires, voire inexistantes, par exemple, si on demande aux élèves de parler de la levure et de ses effets. Tout au plus, certains élèves pourront-ils nous dire que la levure entre dans la fabrication du pain et de certains alcools.

FIGURE 7.2

Diagramme de concepts relatifs à la température



Souvent, les diagrammes ne suffisent pas. Il faut alors tenter de découvrir la conception véritable qui se cache derrière les relations d'un diagramme de concepts. En d'autres mots, il faut tenter d'identifier les explications dont se sert l'élève pour expliquer cette partie de la nature. Il faut alors tenter d'interpréter ce que disent les élèves. Les questions deviennent alors l'instrument à privilégier.

Les questions qu'on pose à l'élève ne doivent pas rester sans interprétation. Quand un enfant dit que «durant la nuit, la lune et les étoiles chassent le soleil», quelle est la conception derrière l'énoncé ? Pourquoi l'enfant pense qu'il en est ainsi ? Quelle est la conception sous-jacente de l'enfant qui affirme qu'un thermomètre oublié dans la poche d'un manteau sera «plus chaud» qu'un thermomètre déposé sur ou près de ce manteau ? Est-ce que l'enfant pense que le manteau dégage une chaleur qui va réchauffer ce thermomètre ?

À cette étape, les questions posées aux élèves doivent être ouvertes, par exemple : « Dis-moi ce que tu sais des nuages. » La question ne devrait pas solliciter seulement des connaissances factuelles, par exemple : « Quel est le nom de cette plante ? » On devrait plutôt dire : « Parle-moi un peu de cette plante. » Il faut faire attention de ne pas toujours solliciter les mêmes élèves. Une bonne façon est d'écrire le nom de chaque élève sur un petit bâton à café et de déposer ces bâtons dans une boîte de conserve vide. Il suffit alors de choisir un bâton à la fois et de questionner cet élève. Cela empêche les élèves de se livrer inconsciemment en classe au jeu qui consiste à agiter les mains dans le but d'attirer l'attention ou à éviter de bouger pour ne pas se faire remarquer. L'enseignant ou l'enseignante qui souhaite obtenir une réponse plutôt qu'une autre sait à qui donner la parole. Ce sont toujours les mêmes qui sont sollicités

lorsqu'il ou elle souhaite obtenir «une bonne réponse». Il ou elle sait également qui choisir quand il souhaite obtenir une « mauvaise réponse ».

Il faut éviter les questions fermées, c'est-à-dire les questions qui ne demandent comme réponse qu'un « oui » ou un « non », par exemple : «Est-ce que l'ombre que donne un poteau va changer durant la journée ? » Il faut poser plutôt des questions du genre : « Qu'est-ce qui va arriver à l'ombre du poteau durant la journée, à ton avis ? » Il est bon de répéter la réponse de l'élève pour s'assurer qu'il a bien dit ce qu'il voulait dire. Parfois, la répétition de la réponse incite l'élève à développer un peu plus sa première réponse. Il est souvent utile, après que l'élève aura répondu à une question, de lui demander « Pourquoi crois-tu cela ? » On pourra ainsi, après avoir questionné quelques élèves, avoir une bonne idée des conceptions préalables des élèves sur un sujet donné. On pourra aussi lui demander : « Peux-tu décrire une situation où un poteau ne projettera pas d'ombre sur le sol ? » ou « Dans quelles conditions un poteau ne donne pas d'ombre ? »

Il ne faut pas commencer la période de questions avec des idées préconçues sur les réponses qu'on souhaite obtenir. Le questionnement de l'élève n'est pas une stratégie visant à faire émerger ce que le maître souhaite entendre. Il faut continuellement inviter l'élève à se concentrer sur la question et non sur ce qu'il ou elle croit être la bonne réponse. L'élève doit comprendre qu'il ne s'agit pas de marquer des points mais de dire vraiment ce qu'il ou elle croit. Si les enfants croient que la Terre est plate, il ne faut pas les inciter à dire qu'elle est ronde seulement parce que cette réponse est plus acceptable. Il faut aussi éviter que la question posée suggère la réponse ou favorise une réponse au détriment d'une autre.

Après quelques minutes de discussion, il est important de noter les conceptions préalables des élèves au tableau. Cela permet aux élèves, dès le départ, de constater qu'ils ont des conceptions différentes des autres et cela a pour effet de les rendre plus attentifs à certains aspects de l'activité ou de l'expérience qui suivra. De plus, ce questionnement a l'avantage de créer un climat dynamique en classe.

Par exemple, en posant aux élèves la question : « Que sais-tu de la Terre sur laquelle nous vivons ? », on pourrait noter au tableau des réponses comme les suivantes :

- ◇ La Terre est plus grosse que le Soleil.
- ◇ La Terre est ronde comme une tarte.
- ◇ La Terre est couchée sur quelque chose de dur.
- ◇ La Terre cache le Soleil la nuit.
- ◇ La Terre est une planète qui flotte dans le ciel.

En posant aux élèves la question : « D'où vient la pluie ? », on pourrait noter des réponses comme les suivantes :

- ◇ La pluie vient de la neige dans les nuages.
- ◇ La pluie passe par les trous dans les nuages.
- ◇ La pluie tombe quand les nuages transpirent.
- ◇ La pluie tombe quand le vent secoue les nuages.
- ◇ La pluie tombe après avoir glissé le long des nuages.

BIBLIOGRAPHIE

- Ausubel, D.** (1968). *Educational Psychology : A Cognitive View*, New York, Holt, Rinehart and Winston.
- De Vecchi, G. et A. Giordan** (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que «ça marche» ?* Nice, Z'éditions.
- Driver, R.** (1983). *The Pupil as Scientist ?*, Angleterre, The Open University Press, Milton Keynes.
- Driver, R. et al.** (1985). *Children's Ideas in Science*, Angleterre, The Open University Press, Milton Keynes.
- Giordan, A. et J.L. Martinand** (1988). «États des recherches sur les conceptions des élèves en biologie », Giordan, A. et J.L. Martinand, *Annales de didactique des sciences*.
- Giordan, A. et G. De Vecchi** (1987). *Les origines du savoir*, Neuchâtel, Delachaux-Niestlé.
- Helm, H. et J.D. Novak** (1983). *Proceedings of the International Seminar : Misconception in Science and Mathematics*, Ithaca, N.Y., Cornell University.
- Novak, J.D. et D.B. Gowin** (1984). *Learning How to Learn*, Cambridge, Cambridge University Press.

CHAPITRE

8

Comment aider les élèves à préparer leurs expériences

Quel est le but de l'enseignement ?

Accumuler des connaissances utiles (mais utiles en quel sens ?) ?

Apprendre à apprendre ?

*Apprendre à innover, à produire du neuf en n'importe quel domaine,
aussi bien qu'à savoir ?*

Apprendre à contrôler, à vérifier, ou simplement à répéter ?

(Jean Piaget, 1969)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Quelles différences y a-t-il entre l'exploration libre, l'activité guidée et l'expérience contrôlée ?
- Comment transformer un problème ou une question en une hypothèse de sciences de la nature au primaire ?
- Comment transformer une hypothèse en un protocole expérimental en sciences de la nature au primaire ?

INTRODUCTION

Un des objectifs de l'enseignement des sciences de la nature au primaire est d'amener l'élève à solutionner par lui-même des problèmes scientifiques. Selon nous, cet objectif ne saurait être visé avant que l'élève n'ait acquis un certain nombre d'habiletés et terminé une période d'initiation plus ou moins longue. Avant de pouvoir réaliser des expériences contrôlées, l'élève doit passer par des explorations libres, des activités guidées et des expériences structurées où la procédure est déterminée à l'avance et où le déroulement est guidé par l'enseignant ou l'enseignante. Avant de laisser l'élève voler de ses propres ailes, lors de la réalisation d'expériences contrôlées, il faut l'initier, étape par étape, à la démarche scientifique. L'élève doit apprendre à marcher avant de pouvoir courir, il ou elle doit imiter avant de réaliser. Il s'agit en fait du même cheminement que les écrivains et les peintres suivent en essayant d'imiter ceux et celles qui ont déjà bien fait avant de tenter de créer leur propre style.

Les modalités d'enseignement des sciences faisant appel à la manipulation d'objets concrets par l'élève n'ont pas à être identiques ; elles doivent s'adapter aux caractéristiques des élèves. Une grande souplesse peut être permise sans modifier substantiellement les étapes du modèle pédagogique proposé au chapitre 6 et sans compromettre la philosophie de l'enseignement des sciences que nous préconisons. Les trois stratégies présentées (l'exploration libre, l'activité guidée et l'expérience contrôlée) peuvent s'intégrer à l'étape 3, de notre modèle, c'est-à-dire lors de **l'exploration ou la recherche de données**. Ces stratégies ne sont que des points le long d'un même continuum et il est possible de concevoir une multitude de stratégies intermédiaires. Chacune de ces stratégies partage cependant un certain nombre de points communs : l'enseignant ou l'enseignante est un guide ou une ressource plutôt qu'une personne qui fournit les réponses et l'élève est un participant actif plutôt qu'un observateur passif. Au cours de l'exploration libre, l'enseignant ou l'enseignante est cependant un guide moins directif que dans les deux autres stratégies proposées.

L'EXPLORATION LIBRE

Comme son nom l'indique, l'exploration libre permet à l'élève de manipuler des objets concrets sans référence à une hypothèse, sans structure apparente et avec peu de restrictions. L'exploration libre n'a pas pour but l'atteinte d'objectifs bien définis, contrairement à l'activité guidée et à l'expérience contrôlée. Le peu de structure de l'exploration libre fera en sorte que les élèves ne dégageront pas tous les mêmes concepts. Au cours

de ces explorations, les élèves développeront cependant des habiletés scientifiques, comme l'observation, et des attitudes positives envers l'investigation scientifique. L'exploration libre permet aux élèves, tout comme les deux autres stratégies, de construire eux-mêmes des connaissances et des habiletés intellectuelles et de développer ainsi des attitudes favorables à l'apprentissage autonome.

Beaucoup d'enseignants et d'enseignantes ont de la difficulté à fonctionner dans le contexte de l'exploration libre. Ils ont été habitués à présenter des exposés clairs, précis et entachés d'aucune erreur. Pour eux, la plupart des connaissances scientifiques sont trop difficiles pour être comprises par la majorité des élèves et celles-ci doivent, par conséquent, être apprises par cœur. L'enseignant qui a de la difficulté à fonctionner dans le contexte de l'exploration libre pourra imposer certaines contraintes en limitant, par exemple, le matériel disponible et le temps dont pourront disposer les élèves pour explorer le matériel présenté. L'exploration libre comprend peu de restrictions comme « ne fais pas ceci », « ne mélange pas plus de trois matériaux », « ne touche pas à la loupe avant que je te le dise ». De toute façon, notre expérience montre, que les élèves se préoccupent peu de ces restrictions une, fois qu'ils ont commencé à manipuler les objets présentés. Peu d'élèves acceptent de réduire leur marge de liberté. Durant l'exploration libre, l'enseignant ou l'enseignante met à la disposition des petits groupes d'élèves un matériel concret afin de stimuler leur intérêt pour un sujet donné. Cette stratégie est utile lorsque les élèves ont peu ou pas de conceptions préalables sur un objet d'étude en sciences de la nature et aussi lorsqu'on veut les intéresser à un sujet donné.

Certains psychologues, comme Piaget, nous disent que les élèves apprennent à connaître leur environnement presque sans l'intervention de l'adulte. Dans ce contexte, l'exploration libre ne doit pas devenir pour l'élève une initiation contraignante où il faut chercher à comprendre quelque chose de spécifique.

Au cours de l'exploration libre, les élèves posent peu de questions. Lorsque des questions sont posées, il suffit souvent de dire : « qu'en penses-tu ? » Au cours de l'exploration libre, l'élève essaie de voir ce qui arrivera si il ou elle pose un geste. L'enfant fonctionne par essais et erreurs ou essaie de voir comment fonctionne quelque chose dont il ou elle connaît les effets. Par exemple, l'enfant qui ajoute un peu d'eau à quelques graines de haricots dans un bocal s'attend à observer un changement quelconque. Le lendemain, quand il constate que les graines ont grossi et que la quantité d'eau a diminué, il est quand même surpris.

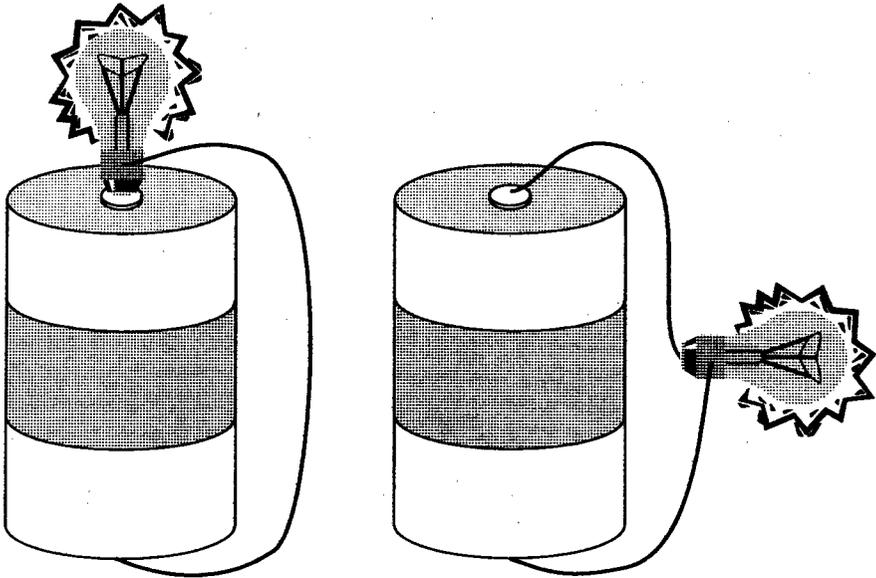
L'élève varie aussi ses actions pour en voir l'effet. Par exemple, après avoir constaté, en versant de l'huile sur de l'eau, que l'huile flotte sur l'eau, l'enfant inverse l'ordre où les liquides sont placés dans le bocal pour

constater que le résultat est le même. L'élève peut aussi tenter de déterminer l'effet d'un objet sur l'autre. Par exemple, si l'enfant observe qu'une goutte de teinture d'iode change au bleu quand on la dépose sur de la farine de blé, il ou elle se demande ce qui arriverait avec de la fécule de maïs, du sucre, du sel ou du bicarbonate de soude. Il s'agit pour l'élève de substituer un matériau à un autre. On observe souvent au cours de l'exploration libre que l'élève n'est pas capable de reproduire ce qui vient d'être réalisé, ni d'expliquer les résultats obtenus. Pour l'élève, les résultats obtenus au cours de l'exploration libre ne sont ni complets, ni définitifs.

Voici un exemple d'une exploration libre qui s'adresse à des élèves de 8 à 10 ans. Au début d'un module sur l'électricité, l'enseignant ou l'enseignante pourrait montrer à l'ensemble de la classe deux fils, une ampoule, une pile électrique et leur demander s'il est possible de faire briller l'ampoule à l'aide de ce matériel. La question posée pourrait être celle-ci : «Que faut-il faire pour que l'ampoule brille ?» Une bonne façon de procéder serait d'inviter chaque élève à réaliser un dessin montrant comment disposer ces éléments pour que l'ampoule brille en précisant qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser tout le matériel. Cette étape peut être considérée comme le **diagnostic des conceptions préalables des élèves**. Une fois les dessins faits, il s'agit de demander aux élèves d'expliquer leurs dessins et de dire pourquoi ils croient que l'ampoule brillera. Cette étape peut être considérée comme **l'amorce d'une investigation** de notre méthodologie générale. Après quoi, l'enseignant ou l'enseignante distribue à chaque groupe de trois à quatre élèves les objets cités. Après plusieurs essais, un groupe d'élèves réussira à faire allumer l'ampoule. Leurs cris de joie attireront l'attention des autres élèves, ce qui signifie qu'après quelques minutes de va-et-vient dans la classe tous, ou presque tous, auront réussi à faire allumer l'ampoule. Cela représente **l'exploration ou la recherche de données** de notre méthodologie d'enseignement. Il s'agira alors de demander aux élèves de dessiner l'agencement des éléments utilisés lorsque l'ampoule allume, de comparer ensuite les dessins et d'échanger sur les façons de mieux représenter un circuit formé d'une pile, de fils électriques et d'une ampoule. À la suite des discussions, l'enseignant ou l'enseignante pourra dessiner au tableau le schéma d'un circuit électrique simple avec un ou deux fils (voir la figure 8.1) et pourra en profiter pour initier les élèves au vocabulaire relatif aux objets en présence (ex. : bornes de la pile, bornes de l'ampoule, circuit fermé et circuit ouvert). C'est la quatrième étape de notre modèle pédagogique, c'est-à-dire **la formulation d'explications**.

Plusieurs questions peuvent surgir. Pourquoi faut-il que les deux bornes d'une ampoule soient reliées aux bornes de la pile ? Comment est faite une ampoule ? Faut-il que le fil électrique soit recouvert d'une gaine ? Qu'arriverait-il si on remplaçait les fils électriques par une ficelle ?

FIGURE 8.1
Deux façons de faire allumer une ampoule



par des bandes de papier aluminium ? Qu'arriverait-il si on ajoutait une deuxième pile à la première ? Il s'agit ici de **l'application des connaissances construites** qui forme la cinquième étape de notre modèle pédagogique.

L'exploration libre peut ainsi servir au lancement d'activités guidées ou d'expériences contrôlées. Dans bien des cas, l'exploration libre est la source ou le déclencheur des conceptions préalables des élèves.

L'ACTIVITÉ GUIDÉE

Pour nous, une activité guidée est une investigation structurée réalisée par les élèves sous la direction d'un enseignant ou d'une enseignante, l'activité prend généralement une heure ou moins. On la retrouve surtout en 1^{re} et en 2^e année. Il s'agit alors pour les élèves de suivre un scénario précis et d'inscrire les données obtenues dans des cahiers préparés à l'avance. Les élèves n'ont pas à formuler d'hypothèse, ni à élaborer de protocole expérimental mais doivent tenter d'obtenir en groupes de quatre élèves des données relatives à la question posée. Le protocole suivi est expliqué aux élèves, qui peuvent poser des questions et suggérer des modifications. L'activité guidée n'est pas une démonstration, ni un

exposé et elle nécessite la manipulation de l'élève. L'analyse et l'interprétation des données se réalisent devant toute la classe sous la direction de l'enseignant ou de l'enseignante qui questionne les élèves. Les conclusions dégagées lors de la discussion sont inscrites au tableau puis dans le cahier de sciences de chaque élève. Pour être efficace, l'activité guidée nécessite la participation active de l'enseignant ou de l'enseignante, que ce soit au cours de la manipulation ou de la construction de tableaux ou d'histogrammes. Toutes les étapes de la méthodologie générale proposée au chapitre 6 peuvent être appliquées à cette stratégie d'enseignement.

L'activité guidée est plus structurée que l'exploration libre et nécessite une plus grande intervention de l'enseignant ou de l'enseignante. Elle est en fait un pas vers l'expérience contrôlée, qui peut être guidée ou complètement autonome.

Voici deux exemples d'activités qui ont été conçues pour les élèves du premier cycle du primaire. Chaque activité est précédée d'une question et d'une description du déroulement de l'activité. Ce texte s'adresse à l'enseignant ou à l'enseignante et non à l'élève. C'est lui ou elle qui propose la procédure à suivre et qui indique les étapes à suivre, mais ce sont les élèves, en petits groupes, qui réalisent l'activité.

Exemple n° 1

QUESTION : COMMENT SAVOIR QUELLE FORME DE CARTON EST LA PLUS FORTE ?

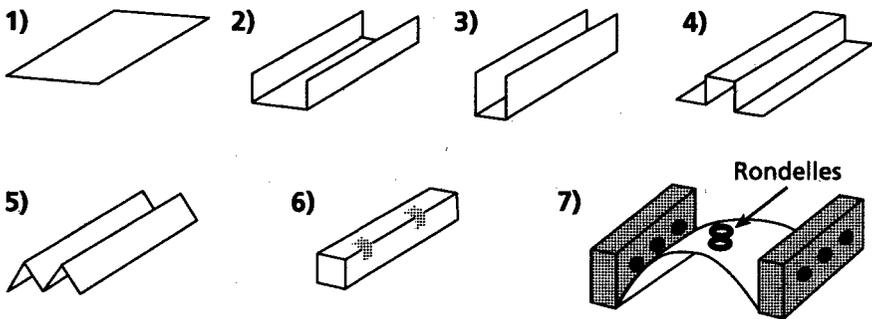
CONSIGNES

- Découper dans un carton mince mais assez rigide sept morceaux de 12 cm sur 30 cm et procurez vous deux briques ou deux gros livres (ex. : des dictionnaires) pour chaque groupe.
- Laisser deux de ces cartons intacts (le 1 et le 7) et donner aux cinq autres les formes proposées. Les élèves auront probablement besoin d'aide pour réaliser ces formes.
- Placer, à tour de rôle, les six premiers cartons sur les briques ou les livres espacés d'environ 20 cm, comme sur le dessin.
- Ajouter au centre du carton, une à une, des grosses rondelles de métal (environ 3 cm de diamètre) jusqu'à ce que le carton s'écrase. Noter le nombre de rondelles déposé dans un tableau qu'on trace dans le cahier de sciences. Recommencer avec chacun des cartons.

- Le carton n° 7 prendra une forme similaire à celle illustrée par le dernier dessin. Faire noter dans le tableau le nombre de rondelles que peut supporter ce montage.
- À la fin des essais, faire faire l'analyse des résultats et mettre en ordre les montages du plus faible (1) au plus fort (7).
- Aider les élèves à dégager un principe relatif à la force des cartons de mêmes dimensions ainsi qu'à leur forme.

FIGURE 8.2

Différentes formes que peuvent prendre des cartons



Exemple n° 2

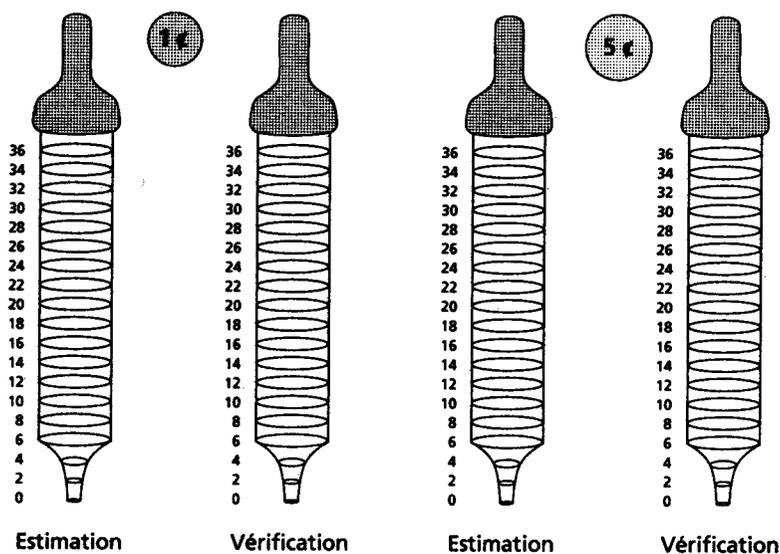
QUESTION :
COMBIEN DE GOUTTES D'EAU CROIS-TU POUVOIR DÉPOSER SUR UN SOU NOIR ?

CONSIGNES

- Remettre à chaque équipe un sou noir et une pièce de 5 sous et inviter les élèves à déposer ces pièces sur une feuille de papier ciré. Faire faire l'activité en deux temps, une pièce de monnaie à la fois.
- Inviter les élèves à inscrire dans leur cahier de sciences leur estimation du nombre maximal de gouttes d'eau qu'ils pensent pouvoir déposer sur chacune des pièces de monnaie. Pour vérifier leurs estimations, demander aux élèves d'ajouter de l'eau goutte à goutte jusqu'à ce qu'elle déborde et les inviter à compter le nombre de gouttes en excluant la dernière qui fait déborder l'eau de la pièce de monnaie. Informer les élèves qu'il ne faut pas coller le compte-gouttes sur le sou, car cela influence les résultats.

- Proposer aux élèves de colorier les compte-gouttes gradués ci-dessous afin de comparer leurs estimations avec les résultats obtenus. Les inviter à comparer le nombre maximal de gouttes d'eau par rapport à la superficie de chaque pièce de monnaie.
- Demander aux élèves de prédire quel sera le nombre maximal de gouttes d'eau pour une pièce de 10 sous et une pièce de 25 sous et les inviter ensuite à vérifier leurs prédictions.
- Aider les élèves à dégager le principe permettant d'expliquer ces prédictions.

FIGURE 8.3
Histogramme permettant de comparer une estimation et sa vérification



L'EXPÉRIENCE CONTRÔLÉE

L'expérience contrôlée, qu'elle soit guidée ou autonome, peut durer plusieurs heures, peut se réaliser pendant une journée ou encore être répartie sur plusieurs jours ou semaines, car elle ne produit souvent des résultats probants qu'après un certain temps. L'expérience contrôlée

implique la formulation d'une hypothèse visant à répondre à une question ou à solutionner un problème, l'élaboration d'un protocole expérimental et une expérimentation à laquelle l'élève prend part activement. L'analyse et l'interprétation des données se réalisent d'abord en petits groupes puis devant toute la classe sous la direction de l'enseignant ou de l'enseignante. Les conclusions dégagées lors de la discussion sont inscrites au tableau puis dans le cahier de sciences par chaque élève. L'enseignant n'intervient qu'au besoin, que ce soit lors de la manipulation des objets ou lors de la construction de tableaux ou d'histogrammes. Toutes les étapes de la méthodologie générale proposée au chapitre 6 peuvent être appliquées lors de l'expérience contrôlée.

L'élève a souvent de la difficulté à passer de l'activité guidée vers une expérience plus autonome. Il importe donc de bien échelonner la progression de l'élève vers ce but ultime, c'est-à-dire vers la capacité de réaliser une expérience de façon la plus autonome possible. Cette stratégie des petits pas permettra d'atteindre ce but ultime au primaire, but qui vaut la peine d'être poursuivi avec acharnement.

Tout commence par une question

Il est utile, lors d'une expérience contrôlée, de partir d'un problème ou d'une question qui peut être soulevé par les élèves eux-mêmes. Souvent, le problème ou la question ne peut, du moins dans sa forme initiale, donner naissance à une expérience de sciences de la nature. Il s'agit alors de transformer légèrement le problème ou la question ou de l'abandonner.

Une question telle que : «Comment faire en sorte qu'un engrais produise de bons résultats ? » ne peut donner lieu à une recherche ou à une expérience scientifique mais résume le problème fondamental qu'on souhaite solutionner. Cependant, elle pourrait être transformée en questions qui seraient susceptibles d'être vérifiées au cours d'une expérience. En voici des exemples :

- o Est-ce que la quantité d'engrais utilisée a une influence sur la croissance des plantes ?
- o Est-il préférable de déposer l'engrais sur le sol ou de le mélanger au sol ?
- o Est-ce que la température du sol au moment où l'on dépose l'engrais a une influence sur son efficacité ?
- o Est-ce que le type d'engrais (naturel ou chimique) a une influence sur la croissance des plantes ?
- o Combien de temps faut-il pour que l'engrais commence à faire effet ?

- o Pendant combien de temps l'engrais produira-t-il un effet ?
- o Est-ce que l'humidité du sol a une influence sur l'efficacité de l'engrais ?

L'enfant peut maintenant choisir une de ces questions et tenter d'y répondre en réalisant une ou plusieurs expériences. L'élève doit comprendre le problème qui a donné naissance à la question et avoir à l'esprit les autres questions qui en découlent. Celles-ci lui rappelleront que sa recherche ne touchera qu'à un aspect du problème, le problème initial étant presque toujours plus général que la ou les questions s'y rapportant. Il est important que l'enseignant sache qu'une question, pour être pertinente, doit comprendre une variable indépendante ou manipulée et une variable dépendante ou expérimentale. Par exemple, le problème auquel veulent répondre les sept questions formulées plus haut a comme variable dépendante ou expérimentale l'effet de l'engrais (la croissance de plantes) et comme variable indépendante ou manipulée les conditions d'utilisation de l'engrais. Le problème aurait donc pu être intitulé «L'effet des conditions d'utilisation de l'engrais sur la croissance des plantes».

Une bonne planification doit ensuite identifier les choses ou les conditions qui seront délibérément changées durant l'expérience (la variable manipulée), les choses ou les conditions qui devront être pareilles au départ (les variables ou facteurs qu'il faut contrôler pour que l'expérience « soit juste») et les effets, les changements ou les résultats que l'on doit chercher à observer ou à mesurer durant l'expérience (la variable expérimentale). Il est bien entendu que ces étapes ne doivent pas nécessairement être réalisées dans l'ordre présenté. En fait, l'ordre des étapes dépend souvent du problème considéré.

Il y a aussi des problèmes qu'on peut difficilement transformer en expériences. Des questions telles que : « Qu'est-ce qui arriverait si le Soleil était plus près de la Terre ? » « Qu'est-ce qui arriverait si la température de la Terre augmentait de 2°C ? » ou « Comment fonctionne le foie d'un mammifère ? » ne sont pas faciles à transformer en expériences pour les enfants du primaire.

Il y a des problèmes dont les variables sont très difficiles à transformer lorsqu'on souhaite obtenir une réponse lors d'une expérience contrôlée. Ce sont des problèmes qui exigent comme préalable l'élaboration d'un modèle (le système solaire) ou des savoirs préalables très précis (le fonctionnement du foie). Par ailleurs, des questions telles que : « Quel est l'effet du gel sur l'érosion des pierres ? » « Quel est l'effet de l'évaporation de l'humidité contenue dans un objet sur la température de cet objet ? » « Quel est l'effet de la chaleur sur la croissance des plantes ? » ou « Quel est l'effet de l'activité physique sur la pulsation du coeur ? » sont des questions ou des problèmes que l'on peut assez facilement transformer en expérience contrôlée.

Le tableau 2.2 peut être utile dans les cas où il est difficile d'identifier un problème, une question ou encore une hypothèse. Les questions présentées mettent en relation la variable indépendante (la cause probable) et la variable dépendante (l'effet probable).

Poser une question à la nature, c'est en fait poser une question scientifique. Et une bonne recherche commence souvent par une bonne question. Voici quelques questions se rapportant à l'eau, aux arbres, au sol et au ver de terre.

Eau

- o Est-ce que l'eau s'évapore plus vite lorsqu'on la répartit sur une plus grande surface ?
- o Est-ce que le vent ou le déplacement de l'air a un effet sur la vitesse d'évaporation de l'eau ?
- o Est-ce que la température a un effet sur la vitesse d'évaporation de l'eau ?
- o Est-ce que l'eau d'un tissu humide s'évapore si la température est sous 0 °C ?

Arbres

- o Comment se reproduisent les sapins et les épinettes ?
- o Est-ce qu'il suffit de planter le cône d'un conifère pour obtenir une pousse ?
- o Est-ce que les conifères perdent leurs aiguilles ?
- o Quelle différence de masse y a-t-il entre une feuille verte et une feuille séchée ?
- o Combien de temps faut-il pour que les feuilles et les aiguilles mortes se transforment en humus ?

SOI

- o D'où vient l'humus qu'on retrouve sur le sol d'une forêt ?
- o Lequel parmi ces éléments, l'humus, le sol à jardin ou la glaise, retient le plus l'eau ?
- o Dans quel type de sol les plantes poussent-elles le mieux ?
- o Quels sont les facteurs qui produisent l'érosion des roches ?

Ver de terre

- o Comment se déplace un ver de terre ?
- o Est-ce que les vers de terre préfèrent le sol sec ou le sol humide ?
- o Est-ce que les vers de terre préfèrent le sol chaud ou le sol froid ?
- o Qu'arrive-t-il aux vers de terre en hiver ?

Dans certains cas, il est possible de planifier une expérience à partir d'un des objectifs d'un programme de sciences de la nature au primaire. En fait, tout dépend de la nature de l'objectif. Un objectif comme : «Raconter dans ses mots l'histoire du développement d'un petit mammifère» (objectif 8.2.1 du programme de sciences de la nature du MEQ. 1980) est très difficile à transformer en un problème ou en une question qui pourra conduire à une expérimentation simple et facile à réaliser. Par contre, l'objectif 10.3.1, «Découvrir, à l'aide de ses sens, des propriétés et des caractéristiques de l'air », est assez facile à transformer en un problème puis en questions qui donneront naissance à des expériences. Le problème général pourrait être : « les principales propriétés et caractéristiques de l'air ». Les questions susceptibles d'être rattachées à ce problème pourraient être les suivantes :

- o Est-ce que l'air augmente de volume lorsqu'on le chauffe ? Diminue-t-il de volume lorsqu'il est refroidi ?
- o Est-ce que l'air contient de l'eau ? Si oui, est-ce que la quantité d'eau dans l'air est toujours constante ?
- o Est-ce que l'air a un poids ? Si oui, comment peut-on mesurer ce poids ?
- o Est-ce que l'air exerce une poussée sur les objets qui y sont plongés ?
- o Est-ce que l'air freine le déplacement des objets qui le traversent ? Si oui, est-ce que le freinage est influencé par la forme de l'objet ?
- o Est-ce que l'air peut supporter des objets qui s'y trouvent ?

Vient ensuite l'hypothèse

Souvent, l'élève a de la difficulté à élaborer une ou des hypothèses à partir d'un problème ou d'une question. Il est alors utile d'aider l'élève à formuler une hypothèse en lui demandant de choisir parmi les trois possibilités qu'offre l'algorithme suivant :

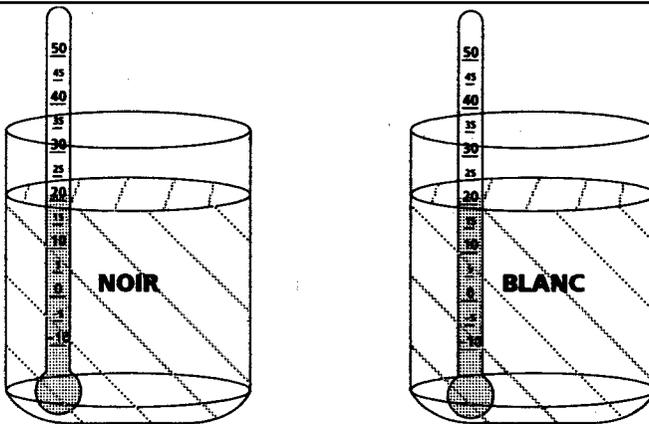
1. Plus il y a de « X », plus il y a de « Y », ou « X » a un effet positif sur «Y».
2. Plus il y a de « X », moins il y a de « Y », ou « X » a un effet négatif sur «Y».
3. «X» n'a pas d'effet sur «Y».

Plus concrètement, voici comment s'applique cet algorithme. Supposons qu'on désire savoir si la couleur a un effet sur la vitesse d'échauffement d'un objet placé au soleil. En termes plus opérationnels, est-ce que l'eau dans un contenant noir s'échauffera à une vitesse différente de celle d'un contenant identique mais blanc ayant la même quantité d'eau ? Selon l'algorithme précédent, il serait possible de dire :

1. L'eau s'échauffera plus rapidement dans le contenant noir.
2. L'eau s'échauffera moins rapidement dans le contenant noir.
3. La couleur du contenant n'a pas d'effet sur la vitesse d'échauffement de l'eau qui s'y trouve.

FIGURE 8.4

Effet de la couleur d'un contenant sur la vitesse d'échauffement de l'eau qui s'y trouve



Cet algorithme permet de formuler trois hypothèses différentes qui pourraient ensuite être soumises au crible de l'expérience. Il permet aussi d'identifier les variables en présence, la température de l'eau étant la variable dépendante ou expérimentale, la couleur du contenant étant la variable indépendante ou manipulée et la température initiale de l'eau, la grosseur et la nature des contenants, la quantité d'eau utilisée et la durée d'exposition de chaque contenant étant les variables contrôlées.

Le protocole expérimental découle de l'hypothèse

Avec le temps et à mesure que les enfants apprennent la démarche scientifique, il est souhaitable de les inviter à prendre part à la planification de leurs investigations, c'est-à-dire à l'élaboration d'un protocole expérimental. Les enfants pourront ainsi, avant la fin du primaire, acquérir la capacité de planifier et de réaliser des recherches simples.

Le tableau 8.1 propose une façon d'élaborer un protocole expérimental en sciences de la nature. Cette méthodologie, qui s'inspire de celle proposée par Harlen (1985), tente de présenter d'une façon systématique les différentes phases de la planification d'une activité de sciences de la nature au primaire.

TABLEAU 8.1
Étapes de la planification générale
d'une expérience de sciences de la nature au primaire

Problème :	Trouver le tissu qui transporte le plus rapidement l'eau d'un bocal à un autre.
Question :	Est-ce que la nature d'un tissu peut avoir une influence sur le temps que prend l'eau à le parcourir ?
Qu'est-ce qui devrait changer durant l'expérience ? (variable indépendante)	La nature des tissus.
Qu'est-ce qui doit être pareil au départ ? (variables contrôlées)	La température de l'eau, les autres caractéristiques de l'eau, les quantités de tissus, les dimensions des tissus, la façon dont les tissus sont mis en contact avec l'eau.
Quel aspect devrait-on observer ? (variable dépendante)	La vitesse du déplacement de l'eau le long des tissus.
Comment interpréter les résultats dégagés ? (conclusions inférées)	Toutes choses étant égales ailleurs, si l'eau parcourt un tissu plus rapidement que les autres, il sera possible de conclure que ce sont les caractéristiques de ce tissu qui ont une influence favorable sur le cheminement de l'eau le long de ce tissu.

Il suffit maintenant d'opérationnaliser ce plan, c'est-à-dire de préciser les valeurs différentes que pourra prendre la variable indépendante ou manipulée. Nous devons aussi savoir quels tissus seront considérés.

Quels variables ou facteurs seront contrôlés, c'est-à-dire qui devront être pareils au départ ? Comment allons-nous mesurer la vitesse de déplacement de l'eau dans chacun de ces tissus ?

TABLEAU 8.2
Étapes de l'opérationnalisation d'une expérience de sciences de la nature au primaire

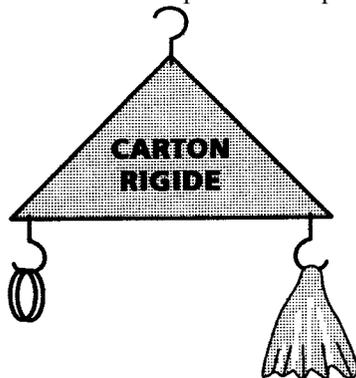
Étapes du plan	Plan général (non opérationnalisé)	Plan spécifique opérationnalisé
Qu'est-ce qui devrait changer durant l'expérience ?	La nature des tissus	Quatre tissus de natures différentes (coton, laine, coton et polyester et chiffon J).
Qu'est-ce qui doit être pareil au départ ?	L'épaisseur	Évaluer l'épaisseur de chaque tissu.
	La largeur	Faire en sorte que les tissus aient une largeur de 1 cm.
	La façon dont chaque tissu est placé.	Chaque tissu doit être placé à la verticale et être disposé de la même façon dans l'eau (1 cm sous l'eau).
Quel aspect devrait-on observer ou mesurer ?	La durée du contact des tissus avec l'eau	Essayer d'abord 25 minutes.
	Comparer les bandes de tissus entre elles.	Mesurer les longueurs de tissus mouillés en centimètres.

Cette opérationnalisation, bien entendu, prend du temps et exige une participation active de l'élève. Dans les meilleures conditions, cela ne peut se réaliser qu'après que l'élève aura été initié pendant plusieurs années aux sciences de la nature au primaire. Ce n'est qu'après de longues discussions et après plusieurs tentatives que l'élève pourra voir l'utilité de cette opérationnalisation et participer à son élaboration.

Les expériences contrôlées en sciences de la nature doivent être variées et la participation des élèves doit être graduelle. Au début de leur initiation aux expériences contrôlées, les enfants ont besoin de réaliser des investigations qui réussissent. Petit à petit, ils pourront participer davantage et ainsi se libérer de l'influence prédominante de l'enseignant ou de l'enseignante. Dans ce contexte, les questions posées par les élèves pourraient être une occasion de leur demander comment ils feraient pour obtenir une réponse à celles-ci. Il est aussi possible de provoquer des questions par une petite démonstration.

Par exemple, supposons qu'on suspende à l'aide d'un trombone un tissu humide à une balance découpée dans un carton rigide et qu'on équilibre ce tissu à l'aide de rondelles en métal. Après une heure, les élèves observent que la balance est déséquilibrée et que la masse du tissu semble être plus faible que celle des rondelles. Des questions, sources de nouvelles expériences, pourraient alors surgir.

- Quelle masse d'eau s'est évaporée ? Comment la mesurer ?
- Quel est le volume d'eau évaporée ? Comment le mesurer ?
- Où est allée l'eau qui s'est évaporée ? Comment le savoir ?
- Comment savoir s'il y a de l'eau dans l'air ?



Supposons qu'on désire savoir s'il y a une relation entre les caractéristiques (aigu ou grave, fort ou faible) des sons émis et la longueur ou la masse de l'objet qui vibre. Voici un autre exemple de la planification d'une expérience de sciences de la nature au primaire.

TABLEAU 8.3

Exemple des étapes de la planification générale d'une expérience de sciences de la nature au primaire

Problème :	Trouver un principe permettant de prédire les caractéristiques du son émis par un objet qui vibre.
Questions :	Est-ce que la longueur d'un objet qui vibre a une influence sur les caractéristiques des sons émis ? Quelle est l'influence de la masse de cet objet ?
Qu'est-ce qui devrait changer durant l'expérience ? (variable indépendante)	La longueur ou la masse des objets.
Qu'est-ce qui doit être pareil au départ ? (variables contrôlées)	La nature des objets utilisés, la façon de frapper l'objet et la façon de tenir l'objet.
Quel aspect devrait-on observer ? (variable dépendante)	La tonalité du son émis (grave ou aigu, fort ou faible).
Comment interpréter les résultats dégagés ? (conclusions inférées)	Toutes choses étant égales ailleurs, si la tonalité du son varie en fonction de la masse d'un objet, il sera possible de conclure que la masse d'un objet a une influence sur la nature du son émis par celui-ci. Il en serait de même pour la longueur.

Voici deux autres exemples de la planification d'une expérience en sciences de la nature au primaire.

TABLEAU 8.4
Étapes de la planification générale
d'une expérience de sciences de la nature au primaire

Problème :	Trouver le lien entre l'agitation de l'eau et la vitesse de la fonte d'un glaçon dans l'eau agitée.
Question :	Est-ce que l'agitation de l'eau a une influence sur la vitesse de fusion d'un glaçon dans cette eau ?
Qu'est-ce qui devrait changer durant l'expérience ? (variable indépendante)	Le degré d'agitation de l'eau dans les gobelets dans lesquels on dépose un glaçon.
Qu'est-ce qui doit être pareil au départ ? (variables contrôlées)	La quantité d'eau dans chaque gobelet, la température de l'eau, la grosseur des glaçons, la température du milieu ambiant, la nature du gobelet.
Quel aspect devrait-on observer ? (variable dépendante)	La vitesse de fusion des glaçons.
Comment interpréter les résultats dégagés ? (conclusions inférées)	Toutes choses étant égales ailleurs, si les glaçons fondent à des vitesses différentes selon le degré d'agitation, il sera possible de conclure que l'agitation a une influence sur la fonte de glaçons.

Les questions qui surgissent lors de la réalisation d'une expérience peuvent donner naissance à une autre expérience. Il suffit de porter attention aux questions des élèves puis de s'en servir pour élaborer une nouvelle expérience qui tentera de répondre à ces questions. Voici un exemple de cette possibilité.

Au cours de l'expérience décrite au tableau 8.4, il est possible que les enfants veuillent savoir pourquoi les glaçons fondent rapidement lorsque l'agitation est grande et plus lentement lorsque l'agitation est faible ou nulle. Plutôt que de se lancer dans un exposé, l'enseignant ou l'enseignante pourrait suggérer une autre expérience pour tenter de répondre à cette question. Une façon de procéder serait d'avancer une hypothèse telle que : « Il est possible que l'agitation de l'eau mette continuellement le glaçon en contact avec de l'eau plus chaude provenant du mélange de l'eau froide et de l'eau chaude. »

TABLEAU 8.5**Étapes de la planification générale d'une expérience de sciences au primaire**

Problème :	Trouver une explication qui montre pourquoi la vitesse de fusion d'un glaçon augmente avec l'agitation de l'eau.
Questions :	L'eau près du glaçon a-t-elle la même température que l'eau au fond du gobelet ? Est-ce que l'agitation y change quelque chose ?
Qu'est-ce qui devrait changer durant l'expérience ? (variable indépendante)	L'agitation de l'eau après avoir mesuré la température près du glaçon et au fond du gobelet.
Qu'est-ce qui doit être pareil au départ ? (variables contrôlées)	Le thermomètre, les endroits où on prélève les températures, les intervalles entre la durée des agitations.
Quel aspect devrait-on observer ? (variable dépendante)	La température de l'eau à différents endroits près du glaçon, au fond du gobelet et ce, après chaque agitation.
Comment interpréter les résultats dégagés ? (conclusions inférées)	Toutes choses étant égales ailleurs, si la température de l'eau près du glaçon s'élève après une agitation, il sera possible de conclure que l'agitation en mélangeant l'eau, déplace l'eau froide vers le bas et apporte l'eau plus chaude près du glaçon.

D'autres questions pourraient également surgir pendant la réalisation ou après l'expérience sur l'agitation de l'eau. Par exemple :

- o Est-ce que l'agitation de l'eau (sans glaçon) peut changer la température de celle-ci ?
- o Est-ce que l'eau obtenue à la fin de la fonte d'un glaçon est plus froide lorsque sa fusion est rapide ou lente ?
- o Est-ce que la quantité d'eau a une influence sur la vitesse de fusion d'un glaçon ?

Chacune de ces questions peut donner lieu à une expérience nouvelle.

BIBLIOGRAPHIE

Harlen, W. (1985). *Primary Science : Taking the Plunge (How to Teach Primary Science More Effectively)*, Londres, Grande-Bretagne, Heinemann Educational Books.

Ministère de l'Éducation (1980). *Programme d'études, primaire, Sciences de la nature*, Québec.

Piaget, Jean (1969). *Psychologie Pédagogique*, Paris, Denoël/Gonthier.

CHAPITRE

9

**Comment questionner
les enfants en sciences
de la nature**

L'esprit humain se nourrit plus de questions que de réponses.

(Albert Einstein, 1879-1955)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Comment classer les questions qu'on peut poser aux élèves dans les investigations en sciences de la nature ?
- Quel est le rôle des questions dans les différentes étapes de la pédagogie des sciences de la nature ?
- Quels doivent être les temps d'arrêt entre les questions et les réponses lors des interactions maître-élève ?

INTRODUCTION

Les questions font partie de l'arsenal pédagogique ; c'est même un outil indispensable. Il est donc important d'apprendre à bien poser des questions, à être à l'écoute des réponses des élèves et à emboîter le pas après avoir entendu les questions de l'élève. Contrairement à certaines habitudes, les questions posées en classe doivent guider la réflexion de l'élève et ne doivent pas se limiter à évaluer ses connaissances. Les enseignants et les enseignantes utilisent souvent les questions en classe sans consacrer beaucoup de temps à leur formulation, ni à se questionner sur leur utilité ou leur pertinence. Il s'agit souvent d'une habitude plus intuitive que logique qui se développe au cours des années. Pourtant, certaines études démontrent que des questions bien formulées peuvent faciliter l'apprentissage de l'élève.

Il est difficile de bien gérer la pédagogie du dialogue, car l'enseignant ou l'enseignante tente souvent de faire dire à l'élève ce qu'il ou elle souhaite entendre (un mot ou un énoncé précis). La recherche montre que la plupart des questions posées en classe sont des questions qui sollicitent le rappel de faits, de réponses brèves ou de formulations apprises par cœur, questions qui nécessitent rarement la réflexion de l'élève. Souvent, l'échange qui résulte de ces séances de questions et de réponses a peu de valeur éducative. Au cours d'une séance de questionnement, ce sont surtout les enseignants qui posent les questions, les élèves ayant rarement l'occasion d'en poser. De plus, les élèves ont souvent peu de temps pour répondre aux questions qu'on leur pose. Dans ce contexte, beaucoup d'élèves choisissent de réfléchir le moins possible. Lorsqu'on leur pose une question, ils énoncent à peu près tout ce qui leur passe par la tête sans se donner la peine de réfléchir. Cette constatation devrait être pour nous matière à réflexion.

« Les pédagogies du dialogue, utilisées couramment, sont souvent des "pédagogies de la devinette". Le rôle du questionnement consiste à faire dire aux élèves (ou le plus souvent à un élève) ce que l'enseignant décide de faire émerger. Fréquemment, c'est même un mot qu'il faut trouver. Les apprenants essaient de deviner puisque c'est la règle du jeu. En vérité, ils ne savent pas ce qu'ils cherchent, ils tentent de découvrir ce qu'ils doivent répondre. Ils réagissent donc beaucoup plus en fonction de l'enseignant lui-même que par rapport à la question posée, c'est-à-dire qu'ils cherchent à savoir ce qu'on veut leur faire exprimer, plutôt que de tenter de répondre véritablement au problème soulevé. Ils ne suivent donc pas forcément le fil conducteur de la démarche de l'adulte, mais essaient de « marquer des points », indépendamment les uns des autres. On voit souvent émerger des réponses qui n'ont aucun rapport avec ce que le maître recherche, ses objectifs n'étant pas connus des enfants qui

ne font que tenter quelques approximations. Et quel intérêt y a-t-il parfois à passer une minute à deviner un terme que l'enseignant pourrait fournir en quelques instants ? Cela ne changera rien dans la démarche puisque la devinette reste localisée au mot lui-même ou, à la rigueur, à une analogie. » (De Vecchi et Giordan, 1989)

Les questions font partie intégrante de tout enseignement. Il faut donc tenter de comprendre pourquoi il est nécessaire de poser tant de questions dans l'exercice de ce métier et, ce faisant, en apprendre le plus possible sur la grande variété des questions posées en classe. Il nous faut aussi tenter de préciser le rôle et l'utilité des questions qui accompagnent nécessairement les diverses étapes de la pédagogie de la manipulation que nous préconisons dans ce document.

Nous avons souvent fait référence, au cours des chapitres précédents, au questionnement de l'élève, questionnement qui joue un rôle capital dans toute pratique scolaire. C'est en fait la technique la plus utilisée au primaire. Certaines recherches américaines montrent que les enseignants posent en moyenne entre 300 et 400 questions par jour à leurs élèves. Le rôle des questions devient encore plus important dans l'apprentissage des sciences de la nature, surtout lorsque la formule pédagogique utilisée fait appel à la manipulation d'objets concrets lors de l'investigation de l'élève. Un enseignant ou une enseignante dans l'exercice de ses fonctions peut recourir aux questions pour une multitude de raisons, par exemple, pour diagnostiquer les conceptions préalables des élèves, mettre en évidence certaines différences ou similitudes, favoriser chez l'élève le développement de la créativité, amener l'élève à penser, l'inviter à observer plus minutieusement, mettre en évidence certaines variables pertinentes, stimuler l'élève dans une recherche, attirer son attention sur une variable particulière, l'inviter à réfléchir sur un aspect, suggérer une procédure possible, faciliter la discussion des résultats obtenus, rétablir l'ordre dans la classe, réorienter les élèves vers la solution d'un problème ou vers une tâche, faciliter l'émergence d'une conclusion à la fin d'une investigation, vérifier la compréhension des élèves, évaluer l'atteinte des objectifs visés, etc. Il est facile de poser des questions, mais poser de bonnes questions, utiles et pertinentes et au bon moment, exige une bonne initiation, un certain doigté et une pratique constante. Il est ainsi possible de bien mener sa classe sans donner d'ordres et en suggérant aux élèves par des questions des comportements et certaines façons de faire.

Tout enseignement basé sur la manipulation concrète de l'élève, c'est-à-dire l'exploration libre, l'activité guidée ou l'expérience contrôlée, nécessite le questionnement de l'élève à toutes les étapes de celui-ci. Sans questions, les manipulations de l'élève peuvent se transformer rapidement en un activisme sans but et sans signification pour l'élève. Par

contre, des questions bien préparées et posées au bon moment favorisent l'apprentissage significatif de l'élève.

L'enseignant ou l'enseignante a souvent de la difficulté à fonctionner dans un contexte de pédagogie du dialogue. Il peut être, en effet, difficile de passer d'une pédagogie de la transmission des connaissances à une pédagogie où l'élève construit ses connaissances sous sa direction guidée. Un ou une guide dans le processus de construction des connaissances est celui ou celle qui pose souvent des questions comme «Pourquoi crois-tu cela ?» «Qu'est-ce qui te permet d'affirmer ceci ? » «Qu'est-ce que tu entends par... ? » «Comment fonctionne cela ?» «Qu'arriverait-il si... ? » «Comment ferais-tu pour... ?» « Comment peux-tu expliquer... ? » Un ou une pédagogue du dialogue est celui ou celle qui prépare, avant le début de chaque investigation, les questions qui pourront être posées. En ce faisant, il ou elle s'assurera que les questions ne seront pas exclusivement des questions de rappel mais aussi des questions qui demandent réflexion, analyse, synthèse et évaluation ; questions qui doivent cependant être simples, directes et courtes. Les questions posées ne doivent pas non plus être l'occasion d'un déluge verbal. Il faut aussi s'habituer à ne pas poser deux questions à la fois, du moins pas avant d'avoir entendu la réponse à la première question.

Les questions bien préparées ont pour effet de changer les relations maître-élève et les relations élèves-élèves en classe. Les questions autres que les questions de rappel amènent l'élève à fournir des réponses plus riches et plus élaborées que celles qui ne demandent qu'un mot comme réponse. En préparant des questions, l'enseignant ou l'enseignante devra modifier son rôle. Il ne s'agira pas de dire «oui, c'est bon », « non, il faut trouver autre chose » ou tout simplement de passer à un autre élève lorsque la réponse ne lui convient pas. Au lieu de cela, il faudra apprendre à poser une question qui pourra faire suite à une première question. Au cours d'un échange avec toute la classe, il lui faudra aussi faire attention de ne pas imposer à l'ensemble de la classe la réponse d'un seul élève. Il est bon de s'assurer que la réponse soit partagée par l'ensemble de la classe ou qu'elle soit débattue en classe. Dans ce contexte, les questions posées doivent aboutir à un travail collectif.

Quelques remarques supplémentaires s'imposent. Lorsqu'on pose des questions à l'ensemble de la classe, il est bon de ne pas désigner au préalable l'élève qui aura à répondre. Une telle stratégie fera qu'un plus grand nombre d'élèves porteront attention à la question et tenteront d'y répondre mentalement, ne sachant pas à l'avance qui devra répondre. Lorsqu'on identifie dès le départ la personne devant répondre à une question, les autres élèves ont parfois tendance à se désintéresser de la question. Un truc, comme nous l'avons déjà dit, est d'écrire le nom de chaque élève sur un bâtonnet à café en bois et de les déposer dans une boîte de conserve.

On pourra alors choisir au hasard un élève sans aucune préférence. Certaines études montrent que ce sont souvent les mêmes élèves qui sont interrogés en classe. Cela peut dépendre des préférences de l'enseignant ou de l'enseignante ou de l'endroit où se trouve l'élève en classe.

Il est important que l'élève pense que ses réponses intéressent l'enseignant ou l'enseignante. Il importe donc de regarder l'élève lorsqu'il ou elle répond et de maintenir un contact visuel tout au long de sa réponse. Il est aussi utile, lorsque cela est possible, d'approuver l'élève, de sourire et de manifester son intérêt par des gestes et des expressions du visage. Le non-verbal ou le non-dit, il ne faut jamais l'oublier, est souvent plus important que ce qui est dit explicitement. Il faut éviter à tout prix de passer rapidement d'un élève à l'autre sans lui fournir de suivi. Cela, il va sans dire, est une mascarade de la pédagogie du dialogue.

L'enseignant ou l'enseignante doit faciliter le dialogue en classe et encourager la discussion de l'élève. Ainsi, ses réponses et son attitude peuvent nuire au dialogue en classe. Accepter ou rejeter une réponse, sans plus, n'aide pas la délibération. Il est préférable de demander à l'élève de clarifier, de justifier, de fournir des preuves qui appuient ses dires.

Il faut finalement éviter d'attribuer aux objets, aux choses et aux animaux des réactions humaines. Les questions anthropomorphiques attribuent des sentiments, une volonté et une pensée à des non-humains. Des questions comme : « Comment se sent une plante quand elle manque d'eau ? » « Comment se sent une pierre qui tombe ? » ou « Que ressent un nuage quand il fait froid ? » en sont des exemples. Une exception pourrait être envisagée, c'est-à-dire quand on prête vie aux animaux et aux objets inanimés pour raconter, par exemple, l'histoire d'une goutte d'eau, l'histoire d'une pierre, d'un grain de sable ou d'une éponge. Ces histoires ont souvent pour objet de faire voir les relations complexes entre plusieurs variables tout en cherchant à faciliter la compréhension de l'élève.

LES TYPES DE QUESTIONS

Il existe deux grands types de questions. Les questions fermées, c'est-à-dire celles où un nombre limité de réponses peut convenir, et les questions ouvertes, c'est-à-dire celles pour lesquelles plusieurs réponses sont possibles.

Une question fermée permet un nombre limité de réponses ; réponses qui sont généralement connues de la personne qui pose la question. Cette catégorie de questions présuppose que les élèves auront déjà eu l'occasion d'acquérir une information précise au cours d'une investi-

gation, de la lecture d'un texte, d'une excursion, d'une démonstration, du visionnement d'un film ou, tout simplement, dans la vie courante. Voici quelques exemples de questions fermées : « Combien de pattes a un insecte ? » « Quelle différence y a-t-il entre les arachnides et les insectes ? » « Les araignées sont-elles des insectes ou des arachnides ? » « Quelle est la définition de... ? » « Qui a découvert... ? » « Quelles sont les trois étapes de... ? » ou « Que signifie dans vos propres mots... ? » Les questions fermées sont souvent énoncées en termes univoques qui permettent une seule réponse. Des termes comme : « qui », « quoi », « quand », « combien », « où » et « quels » sont souvent l'indice de questions fermées. Les questions fermées, c'est-à-dire les questions qui demandent surtout le rappel de faits, quoique utiles à bien des égards, ne doivent pas être prédominantes lorsqu'on souhaite faire réfléchir l'élève et l'engager dans sa démarche. Les questions fermées peuvent inciter les élèves à assimiler d'une façon démesurée des données factuelles et à ne retenir qu'un très grand nombre de faits et de conclusions sans les comprendre. La mémoire, quoique essentielle à l'école et dans la vie courante, ne doit pas devenir le critère le plus important permettant de déterminer l'apprentissage de l'élève. S'il est vrai que l'école ne peut espérer tout enseigner à l'élève, il devient urgent que l'école fasse acquérir à l'élève des habiletés lui permettant de dégager puis de traiter l'information obtenue. Les questions ouvertes peuvent jouer un rôle important dans cette acquisition.

Les questions ouvertes cherchent à promouvoir la discussion des élèves, à les inciter à penser par eux-mêmes et donc à créer un contexte favorable au développement de ces habiletés intellectuelles. Elles donnent à l'élève la possibilité de créer, de construire ses propres connaissances et fournissent ensuite l'occasion de partager des idées. Ce type de question permet l'expression d'une grande variété de réponses et invitent l'élève à considérer une multitude d'aspects possibles plutôt qu'à se concentrer sur un petit nombre de réponses possibles. Les questions ouvertes permettent aussi d'établir des relations entre les connaissances construites et les connaissances déjà en place dans la structure cognitive de l'élève. Elles aident l'élève à planifier, à construire et à reconstruire. Les questions ouvertes doivent faire appel à un certain nombre de connaissances que possède déjà l'élève. En voici quelques exemples : « Qu'est-ce qui arriverait si la force de gravité sur la Terre était deux fois plus faible qu'elle ne l'est présentement ? » « Que faut-il faire pour savoir comment les criquets font le bruit qui les caractérise ? » « Dans quelles conditions faut-il placer les plants de tomates pour augmenter leur productivité ? » « Comment savoir si l'humidité de l'air affecte l'appétit des êtres humains ? » Ce type de questions contrairement aux questions fermées font souvent intervenir des termes ou expressions comme les suivants : « Comment... ? » « Qu'est-ce qui arrive si... ? » « Pourquoi... ? » « Dans quelles conditions... ? » « Que faut-il faire... ? » « Que penses-tu de... ? »

Il est généralement plus difficile de répondre à une question ouverte qu'à une question fermée. C'est pourquoi il est préférable de poser plus de questions fermées à de très jeunes élèves et à ceux et celles ayant des difficultés d'adaptation ou d'apprentissage. Cela augmentera leur confiance en leurs capacités et leur permettra de développer des attitudes favorables à l'apprentissage des sciences de la nature.

Il faut éviter de poser aux élèves des questions qui exigent une explication ultime des choses ou une explication trop complexe pour leur âge et leur capacité intellectuelle. Par exemple : « Qu'est-ce qu'une pile ? » est une question à laquelle ne saurait répondre un enfant du primaire. Il en est de même pour la question : « Pourquoi les bourgeons s'ouvrent-ils au printemps ? » Il faut également limiter au strict minimum, les questions fermées comme : « Quel est le nom de cet oiseau sur la photo ? » ou « Combien de pattes a une araignée ? » Ces questions ne font qu'inciter l'élève à retenir des données factuelles et lui laissent croire que ce type d'apprentissage est le plus important. Il aurait été préférable, par exemple, de poser des questions ouvertes, questions qui encouragent une grande variété de réponses et qui incitent l'élève à agir sur son environnement afin d'obtenir une réponse. Voici deux exemples de questions ouvertes qui invitent à l'action : « Comment faire allumer une ampoule à l'aide d'une pile et d'un fil électrique ? » ou « En hiver, les bourgeons vont-ils éclore si on dépose une branche d'un feuillu dans l'eau ? »

Une leçon de sciences de la nature au primaire peut être ruinée par des questions auxquelles personne ne peut répondre, même pas l'enseignant ou l'enseignante. Généralement, les questions du genre : « Qu'est-ce que l'électricité ? » incitent une explication verbale. Les réponses fournies pourraient être par exemple, « C'est ce qui circule dans les fils », ou « C'est ce qui éclaire nos maisons la nuit » ou « C'est ce que vend Hydro-Québec ». Cette question, au départ d'apparence anodine, incite l'élève à fournir une multitude de réponses verbales qui ne reposent pas nécessairement sur une compréhension véritable du sujet traité. Elle éloigne l'apprenant de la démarche expérimentale en lui posant une question qui ne lui apparaît pas au départ comme un problème qu'il est possible de résoudre lors d'une investigation. L'élève ne pourra souvent obtenir la réponse à cette question qu'en se référant à des livres ou à des personnes compétentes qui vont dans la plupart des cas lui fournir une réponse qu'il faudra apprendre par cœur. Une bonne question est celle qui permet à l'élève de faire un pas vers la solution d'un problème précis. Elle pose de ce fait un problème susceptible d'être solutionné par des enfants lors d'une investigation et met l'intervenant sur une piste fertile en solutions en lui indiquant les voies lui permettant de répondre à la question. Une bonne question demande aux élèves de montrer ou de démontrer quelque chose, plutôt que d'obliger les enfants à proposer des réponses qu'ils ne comprennent pas encore ou qu'ils ne comprennent

que partiellement. Enfin, de bonnes questions contribuent à établir un climat favorable à l'apprentissage significatif en classe.

L'ART DE POSER DES QUESTIONS

Nous pouvons aussi classifier les questions d'après leur rôle. Selon une recherche menée par Gall (1971), environ 60% des questions que pose l'enseignant moyen demandent le rappel de faits, 20% de celles-ci invitent l'élève à réfléchir et 20% demandent l'application de démarches ou l'explication des démarches suivies. Il serait préférable de poser moins de questions se rapportant au rappel de faits et plus de celles invitant l'élève à penser.

Les questions ouvertes et fermées peuvent jouer des rôles multiples dans l'enseignement des sciences de la nature au primaire et deviennent essentielles lorsqu'on applique la formule pédagogique que nous préconisons dans ce document. Elles peuvent servir à diagnostiquer, à attirer l'attention, à susciter l'intérêt, à rappeler, à diriger, à canaliser, à motiver, à montrer, à comparer, à inciter, à rectifier, à discipliner, à guider, à provoquer, à assurer le fonctionnement de la classe, à évaluer, etc. Il serait possible de représenter par des exemples chacun des rôles que peuvent jouer les questions dans la pédagogie des sciences faisant appel à la manipulation concrète de l'élève mais ce serait long et probablement peu utile. Nous allons donc nous limiter aux divers rôles que peuvent jouer les questions au cours des sept étapes de la méthodologie que nous avons proposée au chapitre 6. Pour chacune de ces étapes, nous tenterons de mettre en relation le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante et celui des questions ouvertes et fermées. L'enseignant ou l'enseignante qui adoptera cette pédagogie devra prendre le temps de rédiger, avant le début d'une investigation, des questions précises pour chacune des étapes de la démarche préconisée.

Le diagnostic des conceptions préalables des élèves¹

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o de favoriser la prise de conscience par l'élève de ses connaissances actuelles ;
- o de dégager les conceptions préalables des élèves ;
- o de déterminer la stabilité des conceptions préalables des élèves ;

1. Nous nous sommes inspiré, lors de la rédaction de ces points, des travaux de Blosser (1973 et 1975) et de ceux de Elstgeest (1985).

- o de déterminer si quelques-unes des conceptions préalables des élèves sont contradictoires ;
- o de demander la signification du vocabulaire de l'élève ;
- o d'identifier les conceptions qui serviront de base à l'édification de nouveaux concepts ;
- o d'identifier les conceptions erronées qui pourraient être modifiées.

Consulter le chapitre 6 pour obtenir plus de détails sur le type de question se rapportant à cette étape.

L'amorce d'une investigation scientifique

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o d'amener l'élève à prendre conscience de la non-adéquation de ses connaissances actuelles avec la réalité concrète ;
- o d'encourager l'élève à se poser des questions sur le problème considéré ;
- o de motiver l'élève et de canaliser son attention vers certaines variables importantes ;
- o de mettre en évidence des relations de cause à effet ;
- o de faciliter la formulation d'hypothèses ;
- o d'aider l'élève à construire un protocole expérimental pour résoudre un problème ou vérifier une hypothèse ;
- o d'inviter l'élève à interroger la procédure ou le protocole adopté ;
- o d'inciter l'élève à trouver le matériel nécessaire à la réalisation de l'activité ou de l'expérience.

Certaines questions peuvent être posées pour diriger l'attention ou orienter les systèmes perceptifs de l'élève. Par exemple : «Quelles similarités vois-tu... ?» «Quelles sont les différences entre... ?» «Qu'est-ce qui est pareil... ? » « Pourquoi crois-tu que ces exemples vont ensemble ? »

L'exploration ou la recherche de données

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o de contrôler le déroulement de l'activité ou de l'expérience ;
- o d'aider l'élève à réaliser une investigation ;
- o d'inciter l'élève à observer puis à comparer ;
- o de souligner des erreurs logiques relatives à la démarche suivie ;

- o de diriger l'attention de l'élève vers certaines variables ;
- o d'encourager l'élève à ne pas se contenter de demi-mesures ;
- o d'inviter l'élève à dénombrer et à mesurer ;
- o d'inviter l'élève à poser tel ou tel geste ;
- o d'encourager l'essai de solutions différentes de celles déjà expérimentées ;
- o de demander aux élèves où ils en sont rendus ou s'ils ont de la difficulté à réaliser l'expérience.

Au cours de cette étape, il s'agit pour l'enseignant ou l'enseignante de se comporter comme le directeur d'une équipe de recherche qui cherche en même temps que ses élèves. Des questions telles que « Combien y a-t-il de... ? » « Quelle est la longueur de... ? » « À quelle distance... ? » « Quel est le poids de... ? » sont des questions se rapportant aux quantités et à la mesure des objets. Il est souvent souhaitable de poser ce type de questions avant de passer à des questions qui invitent l'élève à comparer.

Des questions comme « As-tu vu... ? » « As-tu remarqué comment... ? » en sont d'autres qui permettent de diriger l'attention de l'élève vers un aspect particulier dans une investigation. Elles incitent l'élève à se concentrer sur un détail souvent passé inaperçu. Ce sont souvent les enfants qui posent ces questions à leurs camarades au cours d'activités ou des expériences réalisées en petits groupes. Pour permettre l'émergence de ce type de question, il faut prévoir une période d'exploration libre, c'est-à-dire de prise de contact avec le matériel de l'activité ou de l'expérience. C'est au cours de ce type d'exploration qu'on entend le plus souvent des questions comme : « Qu'est-ce que c'est ? » « As-tu observé cela ? » « De quoi est-il fait ? » « Qu'observes-tu ? » « Que s'est-il produit ? » Ces questions « simples » sont souvent les préalables à des questions plus complexes.

Souvent, les enfants veulent savoir si un objet est plus grand, plus dur, plus pesant ou encore si un objet est pareil ou différent d'un autre. On peut alors les aider en posant des questions comme : « Combien de fois celui-ci est-il plus grand que celui-là ? » « Quelle est la différence de température entre... ? » Ce type de question aide l'élève à mettre de l'ordre dans la grande diversité des objets, des phénomènes et des événements de son environnement naturel. Ces questions aident l'élève à ordonner le chaos apparent des choses. La classification et la sériation des objets sont deux habiletés scientifiques intervenant lorsque l'élève tente de répondre à des questions invitant à la comparaison.

Une question comme : « Qu'est-ce qui arriverait si... ? » peut inciter l'élève à élaborer un nouveau protocole expérimental ou à poser un geste précis dans une investigation. D'autres questions sont susceptibles d'avoir

le même effet. Par exemple : «Qu'est-ce qui arriverait si tu approchais un aimant près d'une boussole ?» «Qu'est-ce qui arriverait si tu plaçais une graine de radis dans du sable mouillé ?» «Qu'est-ce qui arriverait si tu plaçais une goutte d'eau sur une lettre d'un texte imprimé sur du papier glacé ? » « Qu'est-ce qui arriverait si tu changeais... ? » « Que faudrait-il faire pour améliorer ton expérience ? » Ce type de question est particulièrement utile au début d'une expérience, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit d'intéresser les élèves à l'étude d'un phénomène donné. Ce type de question incite souvent l'élève à préciser le lien entre une action qu'il ou elle vient de poser et les résultats obtenus, c'est-à-dire la relation entre la variable manipulée ou indépendante et la variable expérimentale ou dépendante. Ce type de question causale permet en outre de développer chez l'élève certaines habiletés scientifiques comme la prédiction, l'identification et le contrôle des variables et la formulation d'hypothèses.

Par ailleurs, les questions dites de fonctionnement sont celles qui cherchent à faciliter le déroulement d'une investigation afin de réaliser les objectifs visés. Des questions comme : « Qui a terminé l'activité ? » « Qui a besoin d'aide pour terminer l'expérience ? » « Qui ne comprend pas le but de cette expérience ? » « Qui veut venir en avant nous transmettre ses résultats et nous les expliquer ? » sont des exemples de questions de fonctionnement.

La formulation d'explications

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o d'aider l'élève à tirer des conclusions à la suite de l'investigation ;
- o de demander à l'élève comment il ou elle arrive à cette conclusion ;
- o de demander à l'élève d'expliquer en ses propres mots les conclusions dégagées des données ;
- o de souligner les erreurs logiques quant à l'interprétation des données ;
- o de montrer que la conclusion tirée n'est pas basée sur les données dégagées de l'expérience ou va au-delà des résultats obtenus.

Il faut se méfier des questions qui exigent un raisonnement trop complexe pour l'élève. Par exemple : « Pourquoi les jours rallongent-ils en été dans l'hémisphère nord alors qu'ils raccourcissent durant l'hiver ? » « Pourquoi, en forêt, la mousse se dépose plus souvent sur le côté nord d'un arbre que sur son côté sud ? » ou encore : « Pourquoi crois-tu que le nombre de battements du coeur humain augmente lors d'un effort

physique intense ?» Ces questions sont souvent inutiles, car elles n'entretiennent pas de liens intimes avec l'expérience concrète de l'élève et risquent de devenir pour l'enseignant ou l'enseignante l'occasion d'un déluge verbal qui n'aura aucune signification pour l'élève.

Certaines questions favorisent souvent le dialogue et la mise en commun d'idées. Dans certains cas, elles permettent même l'éclosion de nouvelles idées et la mise en relation de concepts qui étaient demeurés isolés jusque-là. Il faut cependant s'assurer que ces questions se réfèrent aux expériences de l'élève et qu'elles s'adressent le plus possible directement à l'élève. Des questions comme : « Que penses-tu de ceci... ? » « Pourquoi crois-tu que... ? » « Quel est le lien entre... ? » « Que te montrent les données de ton expérience ? » et « Qu'as-tu découvert ? » en sont des exemples.

L'application des connaissances construites

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o de faciliter les prédictions basées sur les conclusions dégagées ;
- o de montrer les liens entre les concepts et les lois dégagés et les applications possibles de ceux-ci ;
- o de demander à l'élève de donner des exemples de l'application de ce qui vient d'être appris.

L'auto-évaluation et l'évaluation formative

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o d'inciter l'élève à penser ;
- o de vérifier la compréhension de l'élève ;
- o d'inviter l'élève à critiquer les moyens utilisés ;
- o d'inviter l'élève à critiquer les concepts et les principes dégagés.

L'évaluation sommative

Les questions posées au cours de cette étape devraient tenter :

- o de déterminer si les objectifs visés ont été atteints.

Il est possible de consulter le chapitre 11 pour obtenir plus de renseignements sur l'évaluation sommative.

LES TEMPS D'ARRÊT ENTRE LES QUESTIONS

Le fait de connaître les différents types de questions et d'être capable de les adapter à l'âge des enfants et aux diverses étapes d'une pédagogie des sciences ne suffit pas. Il est important de perfectionner cet art de poser des questions. S'il est important de reconnaître les divers rôles des questions ainsi que les différentes façons de les poser, il importe de savoir quand il faut garder le silence et de connaître le type de renforcement à employer lors de l'interrogation des élèves. Plusieurs recherches montrent que ce sont surtout les enseignants qui parlent en classe. Les recherches successives de Rowe (1974a, 1974b et 1985) montrent qu'il est pédagogiquement plus efficace de prévoir des temps d'arrêt entre, d'une part, la question du maître et la réponse de l'élève et, d'autre part, entre cette réponse et la réaction du maître que de maintenir lors du questionnement de l'élève un feu roulant continu. Les temps d'arrêt, il va de soi, sont surtout appropriés lorsque l'enseignant ou l'enseignante pose des questions ouvertes aux élèves.

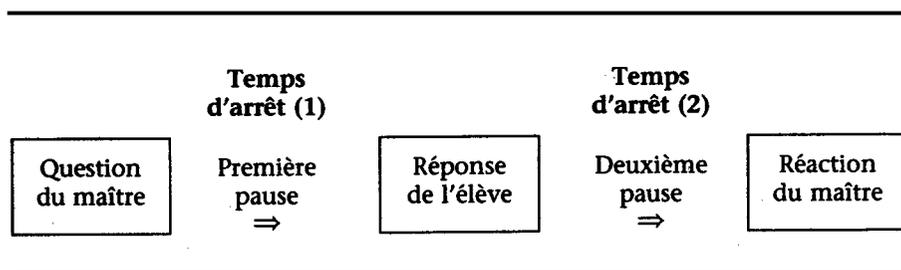
Le temps d'arrêt est la durée d'une pause après un énoncé. Cette pause peut être interrompue par la réponse de l'élève ou par l'enseignant ou l'enseignante. Selon Altieri (1991), l'augmentation du temps d'arrêt après une question ouverte provoque des modifications importantes de comportement tant chez l'enseignant ou l'enseignante que chez l'élève. Les enseignants ou les enseignantes qui augmentent délibérément la durée du temps d'arrêt après une question parlent moins longtemps, sont en général plus flexibles, posent des questions plus pertinentes, ont moins de problèmes de discipline et sont plus disposés à croire que l'élève pourra bien répondre à la question que ceux chez qui le temps d'arrêt est de moins d'une seconde. Les élèves, par contre, profitent de ce temps d'arrêt pour mieux répondre aux questions, pour fournir plus de réponses plausibles, pour poser des questions plus pertinentes et pour offrir des réponses plus complètes. Ces résultats de recherche sont en accord avec la théorie de l'apprentissage de Gagné (1985) qui suggère que l'élève à qui l'on pose une question cherche d'abord dans sa mémoire à long terme, élabore ensuite une réponse à la question puis fournit celle-ci à son interlocuteur. Selon cette théorie, un temps d'arrêt plus long devrait favoriser l'énoncé de réponses plus complètes.

Bien que la recherche pédagogique soit favorable à l'augmentation de la durée du temps d'arrêt, il semble que les enseignants et les enseignantes accordent moins d'une seconde entre la fin de leur question et le début de la réponse de l'élève. Certains de ces enseignants pensent que les élèves n'aiment pas les temps morts, que les élèves préfèrent un enseignement plus vif, plus dynamique et plus intéressant. Selon Altieri (1991), ce n'est pas le cas. Il s'agit donc d'une préconception mal fondée.

L'enseignant qui souhaite justifier ces délais pourra expliquer à ses élèves pourquoi il souhaite qu'ils prennent de trois à cinq secondes avant de répondre et pourquoi il attendra trois à cinq secondes avant de réagir à leur réponse.

La figure 9.1 montre les deux temps d'arrêt dont il est question dans les publications de Rowe. La première pause (le temps d'arrêt 1) se situe entre la question de l'enseignant ou de l'enseignante et la réponse de l'élève. Souvent, l'enseignant ou l'enseignante n'attend pas la réponse de l'élève ou lui laisse tellement peu de temps que l'élève répond n'importe quoi ou tout simplement «Je ne sais pas ». En moyenne, d'après Rowe, le temps d'arrêt 1 dans une classe typique est de moins d'une seconde. Ce temps d'arrêt correspond non seulement au temps écoulé avant de demander à l'élève de répondre mais aussi au temps qu'il ou elle laisse habituellement passer avant de reformuler la question ou d'y répondre. Lorsqu'on porte ce temps d'arrêt à trois ou cinq secondes, les élèves ont plus de temps pour considérer la question et pour formuler une réponse précise. La deuxième pause (temps d'arrêt 2) est la durée écoulée entre le moment où une réponse est fournie par l'élève et le moment où l'enseignant ou l'enseignante réagit à cette réponse, pose une nouvelle question ou encore passe à l'élément suivant. Cette pause, lorsque plus longue qu'à l'habitude, permet à l'élève de compléter, de modifier ou de reformuler sa réponse.

FIGURE 9.1
Temps d'arrêt lors d'une période de questions



Selon les chercheurs qui ont étudié l'art du questionnement de l'élève un temps d'arrêt de plus de trois secondes peut avoir les effets suivants :

- o Le nombre de réponses et la précision de celles-ci augmentent.
- o L'absence de réponses et les réponses telles que «Je ne sais pas» diminuent.
- o Les réponses fournies sont mieux étayées et les justifications plus nombreuses.

- o Le nombre de questions que posent les élèves augmente et le nombre d'expériences qu'ils ou elles suggèrent augmente également.
- o La participation des élèves timides et des élèves plus lents augmente.
- o Le nombre d'explications augmente.
- o L'interaction entre les élèves est favorisée.
- o Le climat de la classe s'améliore ; les élèves ont l'impression d'être moins bousculés.
- o Les problèmes de discipline diminuent.

L'enseignant ou l'enseignante peut donc améliorer l'efficacité de son enseignement dans le contexte de la pédagogie de la manipulation en sciences de la nature en variant les questions posées et en intercalant au bon moment de courtes périodes de silence. Il faut toutefois comprendre que le rythme de l'enseignement pourra changer et qu'il est possible que les élèves apprennent un peu moins de choses dans un temps donné. De toute façon, en éducation, la qualité doit toujours avoir préséance sur la quantité. Lorsque cette stratégie pédagogique est appliquée avec doigté, les élèves proposent en général à la classe plus d'idées ou plus d'exemples pertinents ; idées et exemples qui peuvent aider l'ensemble du groupe à mieux comprendre. Cette stratégie ne peut fonctionner que dans une classe où le climat est favorable à l'échange et au partage des idées ou des opinions, climat qui se développe en écoutant et en respectant les réponses des élèves. Cela ne signifie pas qu'il faut accepter toutes les réponses des élèves comme le font trop souvent les pédagogues du « tout va bien ». Il est possible de dire aux élèves que leurs réponses sont erronées ou inadéquates mais il faut le faire avec respect et sans blesser l'élève. Il ne faut pas non plus croire que plus il y a de questions, meilleur est l'enseignement ; là aussi la qualité doit avoir préséance sur la quantité.

Certains enseignants et enseignantes ont la mauvaise habitude de louer toute réponse que leur fournit l'élève. Les recherches de Rowe (1974a) montrent qu'il est possible de trop louer un ou une élève. Un renforcement trop fort aurait, semble-t-il, pour effet de placer l'enseignant ou l'enseignante au centre du déroulement de l'investigation scientifique. Ce renforcement peut avoir comme conséquence de faire de l'enseignant ou de l'enseignante une autorité suprême dont il est préférable d'avoir l'approbation avant de continuer. Un renforcement trop louangeur pourrait créer chez les enfants une situation de dépendance et ferait en sorte qu'ils ou elles soient continuellement à la recherche d'approbation au lieu de privilégier la compréhension.

Dans le cadre de la pédagogie que nous préconisons, les élèves du primaire doivent apprendre à cheminer avec une certaine incertitude, surtout au cours d'activités et d'expériences en sciences de la nature faisant appel à la manipulation d'objets concrets. Les recherches de Rowe semblent confirmer cette thèse. Il semble que les élèves se livrent difficilement à des activités de recherche et d'exploration libre lorsque les enseignants renforcent d'une façon excessive leurs réponses. De plus, Rowe croit qu'un haut niveau de renforcement peut avoir pour effet de diminuer la coopération et le partage des idées. Un élève, par exemple, pourrait recevoir des louanges alors que c'est un autre qui a d'abord proposé l'idée. Il semblerait qu'il soit plus utile d'avoir recours au «renforcement neutre ». Cette forme de renforcement se manifeste, par exemple, en écoutant attentivement la réponse de l'élève et en la notant au tableau. Au cours du renforcement neutre, les réponses sont mises en commun et évaluées au mérite par l'ensemble de la classe. Il n'y a ni vedette, ni cancre, mais seulement des participants à une investigation.

En résumé, un des rôles des activités et des expériences de sciences au primaire est de susciter chez l'élève des questions sur son environnement naturel et de lui permettre d'y répondre en forçant la nature à se dévoiler. Lorsque les questions sont trop complexes pour l'élève, le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante est de tenter de décomposer celles-ci en questions plus simples qui pourront être le point de départ de nouvelles expériences ou de nouvelles activités de recherche. Dans ce contexte, l'enseignant ou l'enseignante ne doit pas avoir peur de dire aux élèves qu'il ou elle ne connaît pas la réponse à la question posée, ni craindre de dire que la question est trop complexe pour le primaire et qu'elle pourra être considérée plus tard au secondaire. Il est parfois utile de confier une question à l'ensemble de la classe. Beaucoup d'enseignants seraient alors surpris par l'ingéniosité des élèves du primaire. De plus, lorsque la classe parvient à dégager une conclusion d'une expérience, il ne faut pas considérer cette réponse comme la seule et unique réponse. Il importe que les élèves prennent conscience qu'il s'agit en fait de la meilleure réponse qu'ils ont pu obtenir dans les conditions données et que d'autres questions pourront venir perturber leur équilibre intellectuel précaire.

Il est important d'accorder une attention spéciale aux questions posées par les élèves car celles-ci sont, plus souvent qu'autrement, une manifestation de l'intérêt des élèves pour un objet d'étude. Il devient donc impératif d'encourager l'élève à poser et à se poser des questions tout au long des investigations en sciences de la nature au primaire. Car, comme le disait Einstein, « l'esprit humain se nourrit plus de questions que de réponses ». Une réponse définitive est souvent perçue comme une certitude et peut contribuer à fermer l'esprit de l'élève, alors qu'une question provoque une incertitude qui peut être le point de départ de la recherche

d'une meilleure réponse. En fait, cela résume toute investigation scientifique qui commence par une question et se termine souvent par une question.

SUGGESTIONS DE CARIN ET SUND

Voici, en résumé, quelques suggestions de Carin et Sund (1989) dans le but de favoriser l'apprentissage des sciences de la nature au primaire.

- o Parler moins et poser plus de questions.
- o Adopter un système de classification des questions dans le but de les améliorer.
- o Faire appel à plus de questions ouvertes.
- o Éviter de poser des questions auxquelles l'élève peut répondre par un « oui » ou un « non ».
- o Poser plus de questions de compréhension, d'application, d'analyse, de synthèse et d'évaluation et moins de questions de rappel de connaissances.
- o Ne pas arrêter la discussion dès qu'une bonne réponse semble avoir été dégagée.
- o Augmenter le temps d'arrêt (1) à trois secondes et plus.
- o Augmenter le temps d'arrêt (2) à trois secondes et plus.
- o Ne pas louer les élèves au cours des discussions devant la classe.
- o Renforcer les réponses des élèves au cours des discussions privées.
- o Ne jamais trop réagir aux réponses des élèves.
- o Demander aux élèves de préciser leur démarche et de justifier le matériel utilisé.
- o Éviter les généralisations extrêmes.
- o Demander souvent aux élèves de résumer leur pensée.
- o Apprendre à bien écouter l'élève.

BIBLIOGRAPHIE

- Altiere, M.A. et al.** (1991). «Can Teachers Predict Their Students' Wait Time Preferences ? », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 28 (5), pp 455-461.
- Blosser, P.** (1973). *Handbook of Effective Questioning Techniques*, Ohio, Worthington.
- Blosser, P.** (1975). « How to Ask the Right Questions », dans *Instructional Aid*, Washington, National Science Teachers Association.
- Carin, A. et R. Sund** (1989). *Teaching Science Through Discovery*, Toronto, Merrill Publishing Company.
- De Vecchi, G. et al.** (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que «ça marche» ?*, Nice, Z'éditions.
- Elstgeest, J.** (1985). *Primary Science : Taking the Plunge*, London, Heinemann Educational Books Ltd.
- Gagné, R.** (1985). *The Cognitive Psychology of School Learning*, Boston, Little, Brown and Company.
- Gall, M.** (1971). *Higher Cognitive Questioning, Teachers Handbook*, Beverly Hills, Macmillan Educational Services, Inc.
- Rowe, M.** (1985). « Wait Time : Slowing Down May Be Way of Speeding Up », *Journal of Teacher Education*, vol. 37, pp. 43-50.
- Rowe, M.** (1978). *Teaching Science as Continuous Inquiry*, New York, McGraw-Hill.
- Rowe, M.** (1974a). « Wait-Time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence and Language, Logic, and Fate Control : Part I, Wait Time », *Journal of Research in Science Teaching*.
- Rowe, M.** (1974b). «Relation of Wait-Time and Rewards to the Development of Language, Logic, and Fate Control, Part II : Rewards », *Journal of Research in Science Teaching*.

CHAPITRE 10

L'apprentissage coopératif en sciences de la nature

L'expérience pédagogique nous apprend, non moins que la recherche théorique, que l'enseignement direct de concepts s'avère toujours pratiquement impossible et pédagogiquement sans profit.

Le maître qui suit cette voie n'obtient habituellement rien d'autre qu'une vaine assimilation de mots, un pur verbalisme, simulant et imitant chez l'enfant l'existence des concepts correspondants mais masquant en réalité le vide. L'enfant assimile alors non pas des concepts mais des mots, il acquiert par la mémoire plus que par la pensée et s'avère impuissant dès qu'il s'agit d'employer à bon escient la connaissance assimilée.

Au fond, cette façon d'enseigner les concepts est précisément le défaut fondamental de la méthode d'enseignement condamnée par tous, purement scolastique, purement verbale, qui substitue à la maîtrise d'une connaissance vivante l'assimilation de schémas verbaux vides et morts.

(Lev Vygotski, 1896-1934)

**Vous devriez, dans ce chapitre,
trouver réponse
aux questions suivantes :**

- Est-ce que l'interaction sociale réalisée dans une expérience de sciences de la nature donne lieu à une meilleure compréhension que l'apprentissage individuel réalisé seul ou en présence d'un grand nombre d'élèves dans une classe ?
- Quelles sont les conceptions de Piaget et de Vygotski sur l'interaction sociale ?
- Que révèlent les recherches réalisées sur l'apprentissage coopératif ?
- Comment introduire l'interaction sociale en classe ?

INTRODUCTION

L'apprentissage coopératif où il y a interaction entre pairs est un des secrets les mieux gardés de la pédagogie moderne et ce, même s'il s'agit d'un mode d'apprentissage qui semble avoir un effet bénéfique pour tous. L'apprentissage coopératif encourage l'interaction et la collaboration entre les élèves en plus de favoriser leur développement affectif, cognitif et social.

Fondamentalement, les élèves peuvent se comporter de trois façons différentes au cours de leur apprentissage en classe. Pendant les exposés de l'enseignant ou de l'enseignante, les élèves peuvent être en compétition les uns avec les autres pour déterminer qui sera le meilleur ou qui arrivera au but en premier. Les élèves peuvent également tendre individuellement, chacun pour soi, vers ce but sans se préoccuper ni tenir compte des autres. Et finalement, ils peuvent coopérer ou collaborer les uns avec les autres pour atteindre ce but. De ces trois possibilités, la première est de loin la plus dominante dans nos écoles. Il n'en est pas autrement des leçons de sciences de la nature, qui sont généralement animées par un enseignant ou une enseignante qui s'adresse à toute la classe, qui présente, explique et expose pendant que les élèves écoutent. Cet exposé est parfois suivi de nombreuses questions adressées à toute la classe. Au cours de la présentation de l'exposé, les élèves sont rarement invités à exprimer leur pensée, leur rôle étant d'écouter, de noter et de retenir ce qui est énoncé. Au cours du questionnement, durant ou après l'exposé, quelques élèves expriment à tour de rôle leur pensée pendant que les trente autres écoutent et attendent leur tour pour intervenir.

Les recherches de Hawley et Rosenholtz (1984) montrent que lorsqu'un enseignant ne se sent pas tout à fait à l'aise en classe, il se limite à une façon de faire bien connue. Dans 80 % du temps, il transmet directement ce qui est à apprendre aux élèves et leur demande de réaliser des exercices en silence tout en restant assis à leur place. C'est la méthode de « parole et papier » qui a été décrite au chapitre 5. L'enseignant doit, selon ces chercheurs, bien comprendre et avoir pratiqué régulièrement l'enseignement coopératif pour qu'il se sente véritablement à l'aise, sinon il continuera pendant toute sa carrière à enseigner comme on lui a enseigné lorsqu'il était enfant.

Former un maître n'est pas une chose facile et ce, même s'il a été bien initié à une nouvelle formule pédagogique. Nos observations de tous les jours dans les écoles nous confirment cette difficulté. Les vieilles idées ont longue vie et meurent difficilement. Smith (1990) a montré que même dans des conditions idéales, c'est-à-dire avec un enseignement individualisé qui s'adressait à des enseignants hautement motivés et expérimentés, ceux-ci ont encore, après dix mois d'essais, de la difficulté

à appliquer intégralement une nouvelle formule pédagogique. Cela est vrai, d'après Smith, même si les enseignants ont appliqué cette pédagogie dans différents contextes, qu'ils ont observé régulièrement sur vidéo leurs comportements en classe et qu'ils ont reçu individuellement de l'aide chaque fois que cela était nécessaire. Cela nous renvoie à la conception que beaucoup d'enseignants ont de l'apprentissage, c'est-à-dire une transmission directe à l'élève de ce qui est à apprendre. Dans ce contexte, l'élève qui a appris est celui ou celle qui est capable de retransmettre à l'enseignant ce qui lui a été communiqué. Toute nouvelle pédagogie qui ne suit pas ce scénario est très difficile à appliquer et ce, malgré la bonne volonté des enseignants. Devant la moindre difficulté, ces enseignants ont tendance à revisiter les sentiers battus qu'ils ont souvent parcourus.

Il est très rare que les élèves d'une classe travaillent véritablement en équipes. Il s'agit d'une façon d'enseigner qui n'est ni répandue, ni bien comprise. Il ne suffit pas d'inviter un petit nombre d'élèves à travailler ensemble sur un projet ponctuel pour que cette façon de faire soit utile et efficace. Il faut former l'équipe selon certains critères et prendre le temps de préparer des groupes d'élèves pour qu'ils puissent apprendre à coopérer ensemble vers l'atteinte d'un but commun. Ainsi, quelques personnes autour d'une table qui échangent sporadiquement entre elles tout en travaillant individuellement ne forment pas une équipe au vrai sens du terme, car il n'y a pas d'interaction véritable. Ces personnes ne partagent pas de but commun et ne font pas preuve d'interdépendance. Il en est de même pour ceux et celles qui font individuellement les portions d'un travail pour ensuite les rassembler en un tout. De même, si quelques personnes tentent de réaliser une expérience alors que seulement une ou deux d'entre elles décident tout dans l'expérimentation et interprètent les résultats, cela ne peut être considéré comme un travail de collaboration. Il ne suffit donc pas de réunir arbitrairement quelques élèves autour d'une table pour que cela produise une interaction significative. Pour qu'une interaction véritable ait lieu, elle doit être préparée, mise sur pied et supervisée par un enseignant ou une enseignante.

La collaboration, on le sait, est aussi un aspect important de la recherche scientifique. Les chercheurs doivent continuellement travailler en équipes pour résoudre des problèmes complexes. Ainsi, les membres d'un groupe de recherche collaborent à l'élaboration d'un protocole expérimental, à la cueillette de données, à l'analyse des résultats et à la publication des conclusions dégagées. Dans un groupe qui travaille en collaboration, chaque membre participe selon ses talents, ses compétences et ses responsabilités. Pourquoi ce modèle ne pourrait-il pas être appliqué dans l'apprentissage des sciences de la nature au primaire ?

L'apprentissage coopératif a une valeur formatrice importante. Il habitue l'élève à fonctionner avec des coéquipiers qui ont des forces et

des faiblesses différentes des siennes, met en commun les aptitudes de chacun, favorise le développement de concepts variés à la fois riches et stables, et est à l'origine du développement d'attitudes positives non seulement envers les sciences de la nature mais aussi envers l'apprentissage scolaire en général. Ce sont, il ne faut pas l'oublier, l'ensemble des expériences quotidiennes qui façonnent les concepts, les attitudes et les valeurs d'une personne.

Certains élèves ont plus de facilité à manipuler les objets que d'autres, certains ont des «intelligences pratiques» plus développées, d'autres ont plus de facilité à concevoir et à planifier, certains ont plus d'aptitudes à dégager des significations d'une masse d'information en apparence hétéroclite, d'autres ont de la facilité à communiquer clairement ce qu'ils ont appris, certains encore sont des pédagogues nés et deviennent dans ce contexte d'excellents tuteurs pour ceux et celles qui ont des difficultés d'apprentissage. L'apprentissage coopératif fera en sorte que les élèves accepteront plus facilement les différences individuelles et qu'ils se sentiront capables de participer avec d'autres à l'élaboration de projets communs. L'apprentissage coopératif, en plus de permettre l'apprentissage des matières scolaires, habitue l'élève à coopérer et à partager.

LES CONCEPTIONS DE L'INTERACTION

En général, de bonnes pratiques découlent de bonnes théories.

Plusieurs théories psychologiques permettent de justifier et d'expliquer le déroulement de l'apprentissage coopératif. Il n'y a pas, semble-t-il, une seule théorie qui puisse tout expliquer ; chacune de celles-ci se limitant à justifier une ou plusieurs caractéristiques de ce mode d'apprentissage. Nous ne présenterons ici que quelques aspects de deux des théories qui traitent de l'interaction sociale et de la coopération entre pairs, soit celle de Jean Piaget et celle de Lev Vygotski. La théorie de Piaget fait référence à l'interaction sociale parce qu'elle permet de résoudre, chez la personne, certains conflits cognitifs tandis que la théorie de Vygotski considère que la collaboration entre pairs n'est qu'une extension d'une médiation qui existe dès la naissance d'une personne, et qui se poursuit toute la vie durant, entre lui et la communauté culturelle.

Les pédagogues qui s'inspirent de la théorie de Piaget (1923) préconisent l'apprentissage en équipes parce que cette formule pédagogique, à leur avis, permet aux élèves de confronter leurs points de vue divergents par rapport à une tâche donnée. Ces pédagogues croient aussi que c'est cette confrontation de différents points de vue qui favorise le développement cognitif des élèves qui font partie d'une équipe. Au cours d'une

interaction, l'enfant peut être confronté au point de vue de l'autre et prendre ainsi conscience d'une pensée différente de la sienne. L'interaction sociale oblige donc l'élève à considérer des dimensions et des perspectives souvent opposées aux siennes et à en tenir compte, en les assimilant ou en les rejetant. L'élève en sort plus riche intellectuellement, ayant une pensée plus complète, plus générale et plus inclusive. Pour Piaget donc, l'interaction sociale joue un rôle important dans la construction de la pensée logique chez l'enfant. Il s'agit cependant, pour lui, d'un facteur parmi tant d'autres et non d'un facteur prédominant. Ainsi, la coopération entre pairs joue un rôle dynamisant mais non déterminant. C'est pourquoi, tout au long du développement de sa théorie, Piaget a défendu puis négligé la thèse d'une contribution significative de l'interaction sociale à la formation de la pensée logique chez l'enfant.

Les travaux de Doise, Mugny et Perret-Clermont (1975) s'inscrivent dans le cadre de la théorie de Piaget, c'est-à-dire dans le filon qui passe par le conflit cognitif de la personne. Leur contribution essentielle a été d'augmenter l'importance du rôle que joue l'interaction sociale dans le développement cognitif de la personne. Ainsi, lorsque des personnes ayant des points de vue différents sont en présence l'une de l'autre, il peut en résulter un conflit sociocognitif. La résolution de ce conflit se fait d'abord en équipes quand les personnes parviennent à s'entendre. Par la suite, la personne ajuste sa pensée pour que celle-ci soit en accord avec celle du groupe ou de la collectivité. L'ajustement social précède ainsi l'ajustement individuel. Il s'agit donc d'un mouvement de va-et-vient où la pensée est déstabilisée par le groupe pour ensuite s'équilibrer individuellement. Le modèle de Doise, Mugny et Perret-Clermont ajoute donc une dimension sociale plus importante à la résolution du conflit cognitif chez Piaget. Ce modèle se rapproche de celui de Vygotski que nous traiterons dans le prochain paragraphe de ce texte. Leur modèle passe donc d'une conception bipolaire « égo-objet » de Piaget, où la personne fait face presque seule à son environnement, à une conception tripolaire « ego-alter-objet », où l'objet est médiatisé par une ou plusieurs personnes. Cet «alter» peut être une personne adulte, comme c'est souvent le cas dans beaucoup de classes, ou encore un ou des pairs ayant le même âge et le même degré de connaissances. Dans la plupart des classes de nos écoles, il y a une interaction où la relation «ego-alter» prédomine, c'est-à-dire que c'est une intervention où l'enseignant ou l'enseignante tente tant bien que mal de transmettre directement à l'élève un produit déjà digéré ou complètement achevé. L'élève n'a pas accès directement à l'objet, ce qui ne serait pas le cas dans une pédagogie faisant appel à la manipulation concrète de l'élève.

Pour Vygotski (1985), psychologue russe contemporain de Piaget mais dont les écrits ne nous sont parvenus qu'il y a environ trente ans et

que depuis près de dix ans en français, le développement cognitif de la personne prend origine dans l'environnement culturel dans lequel elle baigne. C'est alors que la personne prend conscience de sa culture collective qui est un lieu où les problèmes sont résolus par discussion, par délibération, par négociation et par compromis. Si chez Piaget l'interaction sociale est utile, elle est indispensable chez Vygotski. C'est elle qui est le moteur premier du développement cognitif. Ainsi, l'interaction sociale, qu'elle soit entre adultes et enfants ou entre pairs, est plus qu'un agent facilitateur, elle est le moyen indispensable du développement cognitif. L'enfant naît dans un environnement culturel, est dès le départ mis en contact avec une langue, des us et coutumes et prend conscience des modes de comportement de son milieu culturel. Ce sont d'abord les personnes de son entourage immédiat qui initient l'enfant à cette culture. Ces personnes deviennent des médiateurs entre l'enfant et la culture totale à laquelle l'enfant appartient. Ainsi, l'enfant ne s'initie pas tout seul, il a besoin des autres pour l'aider à s'initier. Cette initiation se fait lors de discussions avec les autres, par imprégnation et par imitation où l'enfant absorbe, petit à petit, la culture environnante. A ce sujet, il peut être utile de revoir la définition de «culture» au chapitre 3. Pour Vygotski, c'est l'interaction sociale qui permet le développement de la personne ; l'enfant, pour progresser, a donc besoin de l'intervention des autres.

Selon Vygotski (1985), il ne faut pas seulement considérer les concepts qui sont parvenus à maturité mais ceux qui sont au stade de maturation, c'est-à-dire ceux qui se trouvent dans la « zone de proche développement ». Ainsi, la collaboration sociale fait souvent progresser l'enfant, car elle l'aide à franchir un seuil qu'il n'aurait pu traverser tout seul ; elle l'aide à construire un concept qui était sur le point d'émerger. L'interaction sociale peut donc être ce coup de pouce qui permet la construction des concepts qui seront prochainement sur le point de débloquer tout seul. La «zone de proche développement » de Vygotski est donc formée de concepts potentiels qui ne sont pas encore rendus à maturité mais qui peuvent se construire sous l'œil éclairé d'une personne adulte ou en collaboration avec des pairs qui sont plus compétents en la matière. Il y a entre ces deux états un écart qui se mesure en identifiant la différence entre ce qu'un enfant peut réaliser tout seul et ce qu'il peut faire avec l'aide ou la médiation d'une personne plus avancée que lui.

[...] en collaboration, sous la direction et avec l'aide de quelqu'un, l'enfant peut toujours faire plus et résoudre des problèmes plus difficiles que lorsqu'il agit seul. Dans l'ancienne psychologie et dans la conscience commune, il est une conception bien enracinée selon laquelle l'imitation est une activité purement mécanique. Et dans cette optique, on considère habituellement que la résolution non autonome de problèmes n'est pas symptomatique, ne donne pas d'indications valables sur le développement de

l'intellect propre de l'enfant. On peut imiter tout ce qu'on veut, estime-t-on. Ce que je suis capable de faire par imitation ne fournit encore aucun renseignement sur mon propre esprit et donc ne peut nullement caractériser l'état de son développement. Mais cette conception est fautive. Il est maintenant établi dans la psychologie moderne de l'imitation que l'enfant ne peut imiter que ce qui est dans la zone de ses propres possibilités intellectuelles. Pour imiter, il faut que j'aie une certaine possibilité de passer de ce que je sais faire à ce que je ne sais pas faire.

Nous pouvons ainsi apporter un complément nouveau et essentiel à ce qui a déjà été avancé sur le travail en collaboration et l'imitation. Nous avons dit qu'en collaboration avec quelqu'un, l'enfant peut toujours faire plus que lorsqu'il est tout seul. Mais nous devons ajouter : pas infiniment plus, mais seulement dans certaines limites, étroitement définies par l'état de son développement et ses possibilités intellectuelles. En collaboration, l'enfant est plus fort et plus intelligent que lorsqu'il se livre à un travail autonome, il résout des difficultés intellectuelles d'un niveau supérieur mais il y a toujours une marge déterminée, soumise à des règles strictes, qui définit l'écart entre le travail autonome et le travail de collaboration. [...] Aussi, lorsque nous disons que l'enseignement doit s'appuyer sur la zone de proche développement, sur des fonctions encore immatures, nous ne recommandons pas par là à l'école une nouvelle recette, simplement nous nous libérons de la vieille erreur selon laquelle le développement doit nécessairement parcourir des cycles, préparer entièrement le terrain sur lequel l'apprentissage pourra bâtir son édifice. De ce fait, les conclusions pédagogiques s'en trouvent-elles modifiées. (Vygotski, 1985)

Il existe, entre les théories de Piaget et de Vygotski beaucoup de ressemblances mais aussi certaines différences. La connaissance, selon Piaget, est construite par une personne qui parvient à réconcilier différents points de vue par elle-même. L'adulte est alors un agent qui peut stimuler ou favoriser cette réconciliation ou cette coordination des points de vue. Selon la théorie de Piaget, l'adulte ne donne jamais la réponse à l'apprenant et ne lui présente pas une solution achevée mais peut cependant lui poser des questions qui visent à stimuler ou à provoquer. C'est ce que nous avons appelé, au chapitre 5, le «constructivisme radical».

La connaissance, selon Vygotski, est médiatisée par l'adulte. L'adulte sert ici de guide et peut proposer des solutions toutes faites mais en s'assurant que l'élève est capable par la suite de les refaire seul. Vygotski, comme nous l'avons vu précédemment, tente de réhabiliter l'imitation qui avait été décrite comme une activité purement mécanique. Lorsque l'enfant n'est pas capable de répéter seul ce qu'il vient d'imiter, l'adulte sait que l'enfant n'a pas compris. Dans les deux théories, cependant, l'engagement et l'activité de l'élève sont essentiels.

LES RECHERCHES RELATIVES À L'APPRENTISSAGE COOPÉRATIF

Les expressions «apprentissage individuel » et «apprentissage en groupes », «apprentissage interactif » ou « interaction sociale » ont connu bien des définitions. C'est pourquoi il est important de bien les définir avant de tenter d'analyser et d'interpréter les résultats des recherches se rapportant à ces concepts multidimensionnels.

Dans le contexte de l'enseignement des sciences de la nature au primaire, un groupe est un regroupement d'élèves ayant une tâche commune, qui s'aident les uns les autres et tendent à s'influencer mutuellement dans l'atteinte d'un but. Les groupes ainsi constitués peuvent être «*ad hoc*» ou «naturels». Un groupe est «*ad hoc*» lorsqu'il est formé par un enseignant dans le but de faire coopérer les élèves dans la réalisation d'une tâche ou dans le but d'atteindre un objectif déterminé. L'interaction sociale qu'on veut ainsi créer se réalisera petit à petit grâce au contact et aux échanges qui ont lieu entre les membres du groupe. Le groupe « naturel » est formé d'élèves qui ont entre eux des affinités qui existaient avant qu'on leur demande de réaliser ensemble une tâche donnée.

Ce qui nous intéresse ici, ce n'est pas la façon dont les membres des groupes interagissent les uns avec les autres mais plutôt les critères de formation des groupes qui peuvent avoir une influence sur la qualité de l'apprentissage des sciences de la nature lorsque les élèves sont réunis dans des ensembles plus ou moins grands. Nous voulons également comparer l'apprentissage individuel et l'apprentissage en groupes pour déterminer lequel donne de meilleurs résultats¹ lorsque les élèves sont confrontés à une tâche précise². Par apprentissage individuel, nous entendons un processus d'acquisition de connaissances sans qu'il y ait d'interaction formelle avec un partenaire durant cet apprentissage. Cette définition ne signifie pas que l'apprenant est continuellement isolé des autres apprenants, mais signifie qu'il apprend par lui-même, sans intervention, soit seul ou en présence d'autres ou encore qu'il reçoit un enseignement dispensé à toute la classe par un enseignant.

D'après Johnson et Johnson (1994), les études relatives à l'efficacité du travail d'équipe ont débuté vers 1890. Depuis ce temps, plus de

1. Dans ce texte, «meilleurs résultats» signifie qu'il y a une différence significative entre deux résultats considérés et que les différences ainsi obtenues ont des niveaux de confiance de 0,05, de 0,01 ou de 0,001.
2. Une différence significative dont le niveau de confiance est de 0,01 veut dire qu'il y a 1 chance sur 100 que la différence observée ne soit pas une vraie différence et qu'elle soit due au hasard. Il y a donc 99 chances sur 100 que la différence observée soit une vraie différence entre les traits observés ou mesurés.

600 études ont été réalisées par un très grand nombre de chercheurs au cours des dix dernières décennies et ce, avec la participation de personnes de différents âges, de sexes différents, provenant de différents milieux et habitant sur des continents différents et sur différents objets d'études ou matières scolaires. Ces recherches nous permettent aujourd'hui d'affirmer que l'apprentissage en équipes améliore plus le rendement de l'apprenant que ne le fait l'apprentissage individuel. Il s'agit, en fait, d'un des principes les mieux établis de la psychologie.

Johnson *et al.* (1981), après une étude exhaustive de la documentation scientifique relative à la coopération entre pairs, ont trouvé 108 études où elle donnait de meilleurs résultats que l'apprentissage individuel, 6 études seulement où le contraire était vrai et 42 où il n'y avait pas de différence significative entre les deux façons d'apprendre. Plus près de nous, Slavin (1986) a étudié 33 recherches qui devaient se conformer à un certain nombre de conditions. Ces conditions étaient que chacune de ces recherches devaient comprendre un groupe contrôle et se dérouler en classe pendant une période de plus de deux semaines. Il rapporte que dans 22 de ces études, les élèves regroupés en équipes ont obtenu un meilleur rendement scolaire alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre l'apprentissage individuel et coopératif dans 10 de ces études. Au cours de la même année, soit en 1986, la plupart des quelque 40 chercheurs qui ont participé en France à un colloque sur le rôle de l'interaction sociale dans la construction des savoirs croyaient qu'elle était la plus féconde. (Zimmermann, 1987)

Voici quelques exemples d'études que nous avons dépouillées entre 1932 et 1974. Elles viennent compléter les recensions de Johnson *et al.* et de Slavin. Elles permettent aussi au lecteur de voir comment on conduit des recherches dans ce domaine. Pour ceux et celles qui voudraient prendre connaissance d'études plus récentes, il peut être intéressant de consulter les thèses de Poulin (1989) et Doyon (1993) qui ont fait une analyse plus complète du sujet. Ces résumés donneront au lecteur une meilleure idée de la recherche déjà réalisée dans ce domaine.

Shaw (1932) a comparé des étudiants universitaires alors que ceux-ci tentaient de solutionner individuellement ou en groupes des problèmes complexes. Les groupes formés de quatre étudiants chacun ont proposé plus de bonnes solutions que les étudiants ayant fait individuellement ces mêmes problèmes. Dans leur démarche visant à solutionner les problèmes, les étudiants travaillant seuls, ont proposé plus de réponses ou solutions erronées que ceux travaillant en groupes. Selon Shaw, la supériorité de rendement des personnes travaillant en groupes résulte du fait que ces personnes, lors de leurs délibérations, rejettent plus de mauvaises réponses et évitent ainsi beaucoup d'erreurs.

Husband (1940) a comparé le rendement de personnes réalisant des tâches dans des groupes au rendement de personnes procédant seules au décodage de certains mots, à la solution d'un casse-tête et à la solution de problèmes d'arithmétique. Les deux premières tâches, d'après Husband, exigeaient créativité et originalité, tandis que la solution des problèmes d'arithmétique était de nature routinière. Les critères utilisés étaient le temps pour arriver à une bonne solution et la qualité des solutions proposées. La population utilisée était formée de 120 étudiants universitaires ; 40 d'entre eux travaillant seuls et 80 travaillant en équipes de deux. Parmi les 40 groupes formés, certains étaient des amis (groupes «naturels») et d'autres étaient des étrangers (groupes «*ad hoc*»). Les données de recherche indiquent que les personnes travaillant en groupes ont obtenu de meilleurs résultats que les personnes travaillant seules et ce, sur les deux premières tâches. Aucune différence significative n'a été relevée entre ces deux ensembles en ce qui a trait à la tâche en arithmétique. Husband a trouvé aussi des différences significatives en faveur des groupes formés d'amis qui ont obtenu de meilleurs résultats que les groupes formés d'étrangers qu'on avait réunis dans le seul but de leur confier des tâches précises. Il conclut que la participation à un groupe donne de meilleurs résultats quand les problèmes requièrent une certaine originalité et que son effet est nul quand il s'agit de tâches routinières.

Taylor *et al.* (1952) ont comparé le rendement de groupes formés de quatre apprenants, au rendement de groupes de deux étudiants et au rendement de personnes travaillant seules à solutionner chaque jour quatre problèmes différents pendant quatre jours consécutifs. Ces mêmes étudiants universitaires devaient tenter, le cinquième jour, de réaliser individuellement quatre nouveaux problèmes de même type que ceux des quatre premiers jours. Le critère utilisé pour déterminer le rendement des étudiants était le nombre de questions que devait poser chaque intervenant pour pouvoir réaliser complètement la tâche exigée. Durant les quatre premiers jours, les étudiants réunis en groupes de quatre et en groupes de deux ont posé moins de questions pour résoudre les problèmes qu'on leur avait soumis que les étudiants travaillant individuellement. Il n'y a pas eu, au cours de cette comparaison, de différence significative entre les groupes de deux et les groupes de quatre. De plus, le nombre d'échecs par problème a diminué avec la pratique au cours des quatre premiers jours. Le pourcentage d'échecs pour un problème donné après quatre jours était de 16 % pour ceux qui devaient résoudre les problèmes seuls, de 10% pour ceux qui étaient réunis en groupes de deux et de 0% pour ceux qui travaillaient en groupes de quatre. En comparant les résultats de la cinquième journée, on n'a observé aucune différence significative entre ces personnes peu importe qu'ils aient fait partie d'un groupe ou travaillé seuls. Cette expérience indique que le rendement des apprenants en groupes est supérieur au rendement des apprenants

travaillant individuellement lors de l'apprentissage de la solution de problèmes mais qu'il n'y a pas de transfert de cet apprentissage lors de l'accomplissement de nouvelles tâches similaires.

Loge *et al.* (1958) ont effectué une analyse de la documentation qui visait à comparer le rendement des apprenants constitués en groupes au rendement des apprenants travaillant individuellement. Les 74 articles de recherche analysés ont été publiés entre 1920 et 1957 et montrent un net avantage de rendement pour les apprenants constitués en groupes. Cependant, il faut faire attention de ne pas généraliser trop rapidement ces résultats à l'enseignement au primaire. La plupart de ces études, il est important de le rappeler, faisait appel à des étudiants universitaires et les tâches qu'ils devaient accomplir étaient souvent artificielles ou, du moins, assez peu liées à ce qui se passe dans une classe du primaire ou du secondaire. Beaucoup de ces tâches se rapportaient à des jeux, à des casse-tête, à des énigmes, à des labyrinthes et à l'apprentissage de séquences de syllabes sans signification. Dans la plupart des cas, les chercheurs ont noté le rendement des participants durant la réalisation des tâches et ont comparé sur cette base les groupes aux personnes travaillant seules. Ces comparaisons sont, dans un certain sens, assez triviales, car il semble évident qu'une personne travaillant dans un groupe va commettre en moyenne moins d'erreurs que la personne ayant à réaliser seule cette même tâche. Il semble clair que l'élève qui travaille dans une équipe va commettre moins d'erreurs et poursuivre moins de fausses pistes que celui qui apprend seul. La question n'est pas Est-ce que les personnes travaillant en groupes vont produire, au cours de leur apprentissage, plus de bonnes réponses que les personnes travaillant seules ? » mais « Est-ce que cet apprentissage est plus stable ? » « Sera-t-il retenu plus longtemps ? » et « Est-ce que ce qui vient d'être appris est plus significatif et cela va-t-il donner lieu à un transfert plus général et plus important chez les élèves apprenant en groupes ou chez les élèves qui apprennent individuellement ?

Faust (1959) a comparé des groupes et des personnes seules en train de solutionner des problèmes. Ses données montrent que les personnes dans les groupes de quatre ont résolu significativement plus de problèmes que les personnes ayant fait les mêmes problèmes individuellement. Hudgins (1960) a demandé à 128 élèves de 5^e année de solutionner des problèmes d'arithmétique. Les résultats montrent que les élèves en groupes ont solutionné en moyenne après trois jours plus de problèmes que les élèves travaillant seuls. Au cours de la deuxième étape de cette expérience, tous ces élèves ont dû travailler seuls pour résoudre des problèmes similaires à ceux de la première étape. Il n'a pas trouvé de différence significative entre les deux catégories de personnes et en a conclu que l'expérience acquise en groupes n'améliorait pas la performance des apprenants lorsque ceux-ci devaient solutionner individuellement des

problèmes similaires. Les résultats de la deuxième étape de cette expérience corroborent ceux de Taylor et Faust (1952) en ce qui a trait au transfert de l'apprentissage à des situations similaires.

Klausmeier *et al.* (1963) ont tenté de mesurer l'effet d'un apprentissage initial, acquis en groupes, ou individuellement, sur les performances subséquentes d'élèves lorsqu'ils étaient obligés d'apprendre seuls. Lors de l'apprentissage initial, les résultats montrent que ceux qui travaillaient en groupes de quatre ont obtenu significativement de meilleurs résultats que ceux qui réalisaient cette tâche individuellement. Cependant, les résultats à un test de transfert immédiat de l'apprentissage administré tout de suite après la réalisation de la tâche montrent que les personnes qui avaient au départ appris seules ont obtenu de meilleurs résultats que les personnes qui avaient réalisé cette tâche en groupes de quatre. Les résultats d'un test de transfert lointain administré plus tard dans les mêmes conditions que le premier test de transfert plaçaient les deux traitements (apprentissage individuel et apprentissage en groupes) dans le même ordre que lors du transfert immédiat, sans que les différences mesurées, cette fois, soient significatives. Les résultats se rapportant à l'apprentissage initial de cette expérience ont corroboré les conclusions dégagées jusqu'ici : « Les élèves solutionnent plus de problèmes et ce dans un laps de temps plus court lorsqu'ils sont en groupes que lorsqu'ils travaillent individuellement. » Les résultats de la deuxième étape de la recherche se rapportant au transfert de l'apprentissage vont dans le même sens que ceux des expériences de Taylor et Faust (1952), de Faust (1959) et de Hudgins (1960) : « Les individus qui ont solutionné seuls les problèmes obtiennent des meilleurs résultats sur des tests de transfert que ceux qui ont eu à réaliser ces tâches en groupes. »

Goldman (1965) a comparé la performance de groupes et de personnes travaillant seules en ayant comme variable indépendante la capacité initiale des personnes sélectionnées. Les élèves étaient regroupés selon leur capacité : « capacité élevée », « capacité moyenne » et « capacité faible ». Les données montrent, d'une part, que les élèves ayant habituellement un rendement élevé (élèves de capacité élevée) obtiennent de meilleurs résultats lorsqu'ils travaillent seuls que deux élèves de capacité moyenne travaillant ensemble et, d'autre part, qu'un élève de capacité moyenne réussit mieux lorsqu'il travaille seul que deux élèves de faible capacité travaillant ensemble. De plus, deux élèves de capacité élevée obtiennent en moyenne de meilleurs résultats qu'un élève de capacité élevée travaillant seul. Cependant, deux élèves de capacité moyenne n'obtiennent pas de meilleurs résultats qu'un élève moyen travaillant seul, pas plus que deux élèves ayant habituellement un faible rendement n'obtiennent de meilleurs résultats qu'un élève faible travaillant seul. Cette recherche, comme toutes les recherches précédentes, montre qu'en général (c'est-à-dire en faisant abstraction de la capacité des apprenants)

les élèves travaillant en groupes obtiennent de meilleurs résultats que ceux travaillant individuellement. Elle montre également que les élèves de faible capacité profitent plus du fait d'être dans un groupe lors de leur apprentissage que les élèves à haut rendement scolaire³. Cette recherche indique également que l'effet de groupe est avantageux pour les élèves de faible capacité quand ceux-ci ont l'occasion de réaliser une tâche avec des élèves de capacité plus élevée que la leur. L'effet de groupe est cependant nul pour eux lorsque la capacité de leurs partenaires est égale ou inférieure à la leur. Cette recherche montre, lorsqu'il s'agit de comparer la performance d'élèves apprenant en groupes à celle d'élèves apprenant individuellement, qu'il faut prendre en considération les capacités initiales des élèves en présence. Il serait peut-être utile dans la formation des groupes de veiller à ce qu'ils soient formés d'un élève de capacité élevée, d'un élève de faible capacité et de deux élèves de capacité moyenne.

Caillé (1974), au cours d'une recherche faisant intervenir plusieurs autres variables que celles se rapportant à la comparaison entre l'apprentissage individuel et l'apprentissage en groupes, a pu conclure que les élèves de 6^e année ayant à réaliser en classe dix activités de sciences de la nature durant une période de dix semaines ont fourni significativement plus de bonnes réponses lorsqu'ils étaient rassemblés en groupes que lorsqu'ils devaient réaliser seuls ces mêmes activités. La capacité des élèves, après avoir réalisé des activités se rapportant aux concepts de densité et de pression, était mesurée à l'aide de tests de rétention et de transfert à court et à long terme. Les résultats montrent que l'avantage en faveur des élèves apprenant en groupes était renversé en faveur de l'apprentissage individuel pour ce qui est d'un des tests de transfert à long terme, les autres mesures n'étant pas significatives. Les résultats de cet aspect de sa recherche vont dans le même sens que les recherches analysées précédemment.

Il est possible de conclure, même si nous n'avons qu'effleuré l'analyse des résultats de recherche se rapportant à ce thème, que les élèves apprenant en groupes produisent plus de bonnes réponses lors des activités d'apprentissage que les élèves réalisant individuellement ces mêmes activités. Un autre résultat, quoique moins prononcé que le premier, indique que les élèves qui ont eu à réaliser individuellement une tâche ou une activité sont plus aptes à transférer ou à appliquer à des situations nouvelles ce qu'ils viennent d'apprendre.

3. Il sera important de se rappeler ces résultats lors de la lecture de la prochaine section, où l'on traitera de la formation des groupes.

Il est possible à ce stade de fournir une explication hypothétique de ces résultats. Les élèves ayant à réaliser des activités en groupes produisent de meilleurs résultats que les élèves devant réaliser individuellement ces mêmes activités parce que le groupe semble capable d'éliminer très tôt les mauvaises solutions, les fausses pistes et ainsi d'éviter de s'aventurer dans des culs-de-sac. Ce faisant, et compte tenu de la mise en commun d'information que chacun apporte, les élèves en groupes dégagent plus de bonnes réponses dans un court laps de temps. Cependant, tous les membres ne sont pas également actifs. Quelques-uns se fient continuellement aux autres membres de l'équipe pour déterminer les réponses à fournir. Ces élèves font preuve d'un minimum d'efforts de conceptualisation ou d'un faible effort de compréhension pour tenter d'expliquer ce qui se déroule autour d'eux. Il est alors probable que le rendement du groupe soit le reflet du rendement qu'affiche le meilleur ou la meilleure élève du groupe dans le domaine considéré. Les élèves devant résoudre individuellement une tâche, un problème ou une expérience doivent penser par eux-mêmes et tenter de trouver des réponses acceptables. Bien que ces élèves ne fournissent pas autant de bonnes réponses que les élèves travaillant en groupes, il est possible qu'ils essaient continuellement de trouver des réponses qui leur semblent plausibles pour expliquer les données qu'ils ont en main. Il est aussi possible que les apprentissages des élèves soient plus stables et mieux intégrés que ceux réalisés en petits groupes, ce qui expliquerait pourquoi ils obtiennent sur ce point généralement de meilleurs résultats que les élèves apprenant en groupes lors des tests de rétention et de transfert à court et à long terme.

Ces résultats ne vont pas à l'encontre de la théorie de Piaget corrigée par Doise et Mugny en ce qui a trait à l'effet de l'interaction sociale. Doise et Mugny croient que le conflit cognitif doit d'abord être résolu en équipes, ce qui est le cas dans toutes les recherches que nous venons de présenter. Cependant, par la suite, l'ajustement social doit faire place à l'ajustement individuel où la personne doit faire un effort pour rééquilibrer sa pensée. C'est à ce moment que le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante devient capital. Il ou elle doit prendre des moyens pour aider les élèves à consolider leur pensée ; consolidation qui est souvent nulle dans ces recherches ou après une expérience où l'on ferme les livres pour passer rapidement à autre chose. La consolidation des connaissances, ou la formulation d'explications, est tellement importante qu'elle fait partie intégrante de la démarche pédagogique que nous préconisons. C'est aussi à ce moment que l'effet culturel décrit par Vygotski intervient. C'est alors que la médiation de l'enseignant ou de l'enseignante est la plus forte et la plus importante.

L'INTRODUCTION DE L'INTERACTION SOCIALE EN CLASSE

Il est utile, voire nécessaire, en sciences de la nature au primaire de former des petits groupes d'enfants autour d'une tâche précise. Car si la recherche montre que l'interaction sociale favorise la construction de connaissances par l'élève, l'expérience montre que les montages et les manipulations exigées en sciences de la nature sont parfois complexes et nécessitent la présence active de plusieurs élèves coopérant ensemble en vue de réaliser un but commun. De plus, l'apprentissage coopératif favorise l'émergence d'attitudes positives envers l'apprentissage en général et envers les sciences de la nature en particulier.

Notre expérience de l'enseignement des sciences montre qu'une équipe formée de quatre élèves est l'idéal. Dans certains cas, une équipe de cinq formée d'élèves motivés peut aussi donner de bons résultats. Par contre, une équipe de deux peut bien fonctionner lorsqu'il s'agit d'élèves ayant de la difficulté à s'intégrer dans un groupe de quatre ou manifestant des difficultés d'apprentissage. Le travail en équipes autour d'un matériel concret développe chez l'élève des attitudes positives envers les sciences, la confiance en soi, le respect des autres et oblige continuellement l'élève à raffiner sa pensée. Il est possible au cours d'une année de réorganiser les groupes pour en former de nouveaux afin de permettre aux élèves de travailler avec de nouveaux coéquipiers. De même, pour favoriser la discussion des élèves, il importe que les tables et les bureaux de la classe soient disposés de façon à faciliter l'expérimentation et à permettre les échanges entre participants.

Dans la pédagogie basée sur les exposés, c'est-à-dire lorsque l'information circule de l'enseignant ou de l'enseignante vers l'élève, les enfants consacrent beaucoup de temps à essayer de découvrir ce qui sera vraiment exigé d'eux. Ils ou elles ajustent ensuite leurs comportements à ce qu'ils croient qu'on attend d'eux. Dans ce contexte, il est important pour ces élèves d'apprendre ce que l'enseignant ou l'enseignante croit important, ce qui explique pourquoi c'est si urgent de le découvrir. Les tests et les questions d'examens sont souvent les meilleurs indices de ce qu'il faudra apprendre. C'est parfois à partir d'une telle analyse que se moulent les attitudes des élèves envers l'école, attitudes qui vont souvent durer toute une vie. Par contre, dans la pédagogie active, et plus particulièrement dans l'expérimentation par les élèves en petits groupes, c'est le problème à solutionner et la réponse à la question posée au début d'une investigation qui deviennent l'objet de l'apprentissage à réaliser. C'est pourquoi les enfants se sentent autorisés à exprimer leur point de vue, surtout lorsqu'ils prennent conscience que les adultes en tiennent

compte. Dans ce contexte, seules les règles de fonctionnement des groupes de la classe sont implicites et connues à l'avance ; règles qui vont d'ailleurs évoluer avec le temps et selon les besoins du moment.

La formation de petits groupes en classe se heurte souvent à des conceptions bien établies. Beaucoup croient que l'apprenant doit se livrer à un combat solitaire pour assimiler ce que souhaite lui faire apprendre l'école. La formation de petits groupes en classe et l'interaction sociale vont donc à l'encontre de certaines idées reçues. De plus, il y a le bruit des enfants qui discutent, le va-et-vient des enfants qui circulent dans la classe pour obtenir et transformer le matériel qu'ils doivent manipuler au cours de l'investigation. Il y a aussi les incidents qui vont inévitablement se produire : l'eau tombera sur le plancher, le bocal de verre se salira ou tombera, un congé de trois jours fera en sorte que l'expérience qui devait se réaliser sur une période de plus d'une semaine manquera d'eau et l'expérience sera ratée... Il y a aussi les enfants turbulents qui n'ont pas encore fait la transition entre un enseignement asymétrique en classe (école traditionnelle où le maître domine continuellement) et un apprentissage plus symétrique (les élèves travaillent en équipes). Voilà autant de bonnes raisons pour conserver le statu quo.

Il nous faut convaincre les enseignants et les enseignantes de faire l'essai de l'apprentissage coopératif pendant une longue durée pour qu'ils puissent constater que les enfants sont capables d'être attentifs pendant de longues périodes de temps, qu'ils sont capables d'apprendre sans leur intervention continue et qu'ils sont capables de s'engager à fond dans leur apprentissage. C'est dans ce contexte que les enfants feront preuve d'initiative, d'autonomie, d'esprit critique, de coopération et de participation. Les enfants pourront ainsi développer des styles d'apprentissage personnels, se référer au point de vue des autres pour construire et évaluer leurs connaissances et seront capables de discuter des données dégagées et de justifier les conclusions tirées.

Il ne faut pas oublier pour autant certaines difficultés de l'apprentissage en petits groupes, c'est-à-dire les problèmes de rétention et de transfert que peut comporter cette pédagogie lorsqu'on procède trop rapidement. C'est pourquoi il est essentiel, à la suite d'une investigation, de discuter avec les élèves des résultats obtenus et de mettre en commun non seulement les données dégagées, mais les succès et les échecs des diverses équipes ainsi que les concepts et les principes que certains ont pu dégager. Cette synthèse ou mise en commun se réalise lors de « la recherche d'explications » et permet non seulement d'analyser les stratégies déployées par les différents groupes, mais d'identifier les zones grises et les incompréhensions les plus flagrantes et ce, dans le but d'y apporter les correctifs appropriés.

L'enseignant ou l'enseignante saura profiter de cette période d'analyse et de synthèse pour inscrire au tableau les différents points de vue des groupes d'élèves ainsi que certaines données découlant de l'expérience et invitera les élèves à inscrire les conclusions dégagées dans leur cahier de sciences. Cette précaution favorisera la construction des connaissances par l'élève et lui fournira la possibilité de mieux retenir ce qui aura été dégagé. Cette période d'analyse et de synthèse sera aussi l'occasion rêvée pour tenter de montrer comment ce qui a été appris peut être appliqué dans la vie courante. Par exemple, à la suite d'une expérience sur la réflexion de la lumière, il sera possible, grâce à la participation des élèves, de montrer comment les miroirs sont utiles dans la vie de tous les jours : à la maison, dans les grands magasins et les boutiques, chez le dentiste, comme rétroviseur dans une voiture ou sur une bicyclette... On pourra aussi parler de la réflexion de la lumière sur des surfaces réfléchissantes comme la neige, l'eau, les surfaces métalliques, les surfaces non métalliques, etc.

L'apprentissage coopératif peut présenter certains problèmes et certaines difficultés. On entend souvent dire «Je ne veux pas travailler avec Jean », « Alexandra veut tout faire toute seule ». Ces remarques devraient inciter l'enseignant ou l'enseignante à porter une attention toute spéciale à ce groupe pour que les élèves arrivent à s'entendre sur un mode de fonctionnement. Les élèves doivent apprendre à négocier leurs différences et les enseignants doivent les aider à résoudre ces conflits. Il va de soi qu'une analyse détaillée de ces mécanismes va au-delà des objectifs du présent document. Cependant, l'énoncé de quelques principes directeurs pourrait être utile. Premièrement, il est important de modifier le climat de la classe lorsqu'on passe d'une pédagogie centrée sur le maître à une pédagogie centrée sur l'apprentissage coopératif. De ce fait, il est nécessaire que les élèves prennent conscience de ce changement de climat et que cela leur soit rappelé chaque fois qu'il y a déviation. Le climat recherché doit être un climat de collaboration, de participation, de partage et d'assistance mutuelle plutôt qu'un climat où priment la compétition, la critique de l'autre et l'isolation de certains. Un autre principe qu'il faudrait mettre en application serait de parler ouvertement des problèmes qui se sont présentés lors de l'apprentissage coopératif et d'éviter d'avoir envers les élèves un langage moralisateur. Lorsqu'un ou une élève fait preuve d'un comportement non acceptable, des interventions rapides montrant comment il aurait fallu procéder sont souvent plus efficaces qu'une punition ou une critique. Il est alors utile de dire pourquoi ce comportement est inacceptable et lui signifier le comportement approprié dans les circonstances. Des discours à la fois moralisateurs et généraux n'enseignent rien. Lorsqu'un problème de comportement se manifeste, il est donc préférable d'en parler ouvertement devant toute la classe ou à un groupe en particulier si le comportement non acceptable se limite à un seul groupe.

Un autre principe serait la formation de groupes hétérogènes. Rien ne sert de placer tous ceux et celles qui ont des difficultés d'apprentissage ensemble et de placer les plus doués dans un autre groupe. Au primaire, lorsqu'on permet aux élèves de choisir leurs coéquipiers pour former des groupes naturels, on remarque que les élèves formant un groupe sont souvent de même sexe, proviennent du même milieu social et ont souvent des aptitudes scolaires similaires. Les groupes homogènes, même s'ils donnent parfois de bons résultats, vont à l'encontre d'un des buts de l'apprentissage coopératif. Un autre principe relatif à la pédagogie des groupes est de s'assurer que tous les élèves de chaque groupe auront la chance de participer. Certains élèves, étant donné leur expérience antérieure, refusent de travailler en équipes, en alléguant que certains ne font pas leur travail ou que d'autres attendent que tout soit fait par les autres. C'est pourquoi nous croyons qu'il est utile d'attribuer des rôles spécifiques à chaque élève du groupe et d'imposer une structure de fonctionnement des groupes. Un partage des tâches fait comprendre à l'élève que sa contribution est importante et qu'il ou elle est responsable de son apprentissage.

Dans la pédagogie de groupes, il est préférable de prévenir les effets non souhaités plutôt que d'attendre qu'ils se produisent et de réagir aux comportements non admissibles. Il s'agit donc d'anticiper certains problèmes et d'agir en conséquence. Il est donc utile, au début de l'année et de temps à autre au cours de l'année, de rappeler aux élèves les comportements souhaitables au cours d'une investigation en petits groupes, plutôt que d'attendre et d'espérer que les comportements souhaités se manifestent spontanément. Il est préférable de les identifier, de les expliquer et de les viser tout au long de l'année. Les élèves ne savent souvent pas comment se comporter dans un groupe, il faut donc leur montrer. L'organisation d'une équipe exige un effort soutenu de la part des élèves et de l'enseignant ou de l'enseignante, mais les résultats sont des plus valorisants. Quand les équipes deviendront fonctionnelles, l'enseignant ou l'enseignante disposera de plus de temps pour enseigner et passera de moins en moins de temps à gérer la classe. Dans ce contexte, il ou elle sera de moins en moins au centre des activités de la classe et aura plus de temps pour circuler d'un groupe à l'autre pour observer et écouter les élèves, pour leur poser des questions et répondre à leurs questions. C'est dans ces conditions qu'il ou elle agira en tant que guide plutôt que tuteur. Il est important de récompenser un ou une élève seulement si le groupe apprend bien, s'il y a collaboration et participation de tous. Il ne faut pas que le succès du groupe repose seulement sur un ou deux élèves.

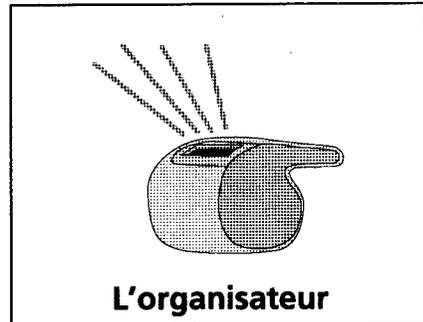
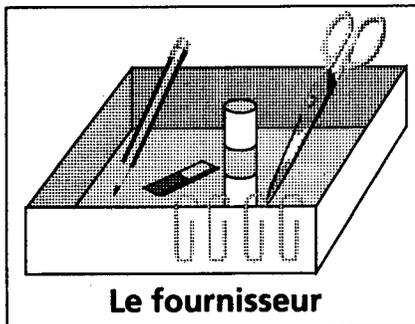
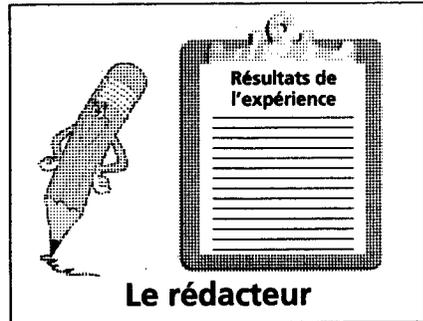
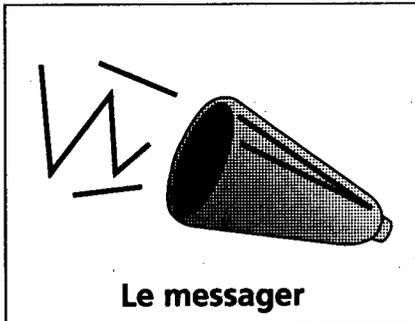
Il y a des élèves qui sont timides parce que leur expérience dans la vie de tous les jours ne leur a pas permis d'apprendre à communiquer efficacement ou encore parce qu'ils proviennent d'un environnement culturellement pauvre. Il faut parfois placer ce type d'élève dans un

groupe où se trouve un ou une enfant qui communique facilement et qui peut le guider. Il sera aussi possible d'identifier une activité ou une partie d'activité que pourra réussir cet élève et de l'inviter à expliquer celle-ci. L'apprentissage coopératif peut aider des élèves qui ne réussissent pas très bien à l'école à démarrer, surtout lorsque l'enseignant ou l'enseignante, connaissant leurs difficultés d'apprentissage, pourra les aider à faire la partie la plus difficile de leur tâche. Finalement, il peut arriver qu'un ou une élève vienne perturber le bon fonctionnement du groupe. Il est alors possible de retirer l'élève temporairement du groupe et d'essayer de déterminer la cause de son comportement. Il est aussi possible de lui montrer comment mieux communiquer ce qu'il ou elle essaie de dire aux autres en agissant de la sorte. Il est aussi possible de placer l'élève temporairement dans un groupe de deux pour augmenter sa responsabilité.

Il n'est pas nécessaire ni même utile que la pédagogie de groupes soit appliquée du début à la fin de l'enseignement des sciences de la nature au primaire. L'apprentissage coopératif peut être combiné avec un enseignement d'un autre type. Selon la formule pédagogique en sept étapes que nous préconisons, l'apprentissage coopératif est surtout utile aux étapes 2, 3, 4 et 6 de cette démarche, particulièrement à l'étape 3 où l'élève doit manipuler. Au cours des trois autres étapes, c'est-à-dire lors de l'amorce d'une investigation scientifique, de la formulation d'explications et de l'auto-évaluation et de l'évaluation formative, l'apprentissage coopératif peut être combiné avec un enseignement qui se déroule sous la direction de l'enseignant ou de l'enseignante.

Au cours des étapes de la démarche, particulièrement lors de l'explication ou de la recherche de données, il est souhaitable de demander aux élèves de se répartir les responsabilités à l'intérieur du groupe. Ces rôles se résument à quatre : le messenger, le rédacteur, le fournisseur et l'organisateur. Le messenger est celui ou celle qui s'assure que tous les membres de l'équipe comprennent bien l'activité ou l'expérience et possèdent au départ la même information. Le messenger lit ou répète aux membres du groupe l'information nécessaire à la réalisation de l'expérience. C'est le messenger qui, à la fin de l'investigation, résume les résultats obtenus et en fait rapport à toute la classe à l'étape 4 de notre démarche, c'est-à-dire lors de la formulation d'explications. Le rédacteur est celui ou celle qui a la responsabilité de noter les observations et les mesures les plus significatives de l'investigation. Par exemple, l'élève à qui est confiée cette tâche inscrit dans le cahier de sciences les données dégagées durant l'expérience en s'assurant que ce qu'il ou elle inscrit correspond bien aux observations de ses coéquipiers. Le rédacteur s'assure que les autres élèves ont le temps de discuter les résultats et de les inscrire chacun dans leur cahier de sciences. Trop souvent à la fin d'une expérience, on observe qu'un ou une élève seulement a pris en note les données et que les autres

doivent ainsi s'y référer aveuglément. Le fournisseur est responsable d'obtenir le matériel nécessaire à la réalisation de l'expérience. C'est lui ou elle qui va chercher le matériel au début de l'expérience, qui en assure la distribution et qui va le rapporter à la fin de l'expérience. Quand le groupe a besoin d'information additionnelle, c'est le fournisseur qui s'adresse à l'enseignant ou à l'enseignante et qui transmet par la suite l'information à ses coéquipiers ou qui demande à l'enseignant ou l'enseignante de venir échanger avec le groupe. C'est le seul membre de l'équipe qui peut se déplacer dans la classe durant l'investigation. Cependant, tous les élèves du groupe doivent nettoyer l'espace de travail à la fin de l'expérience. L'organisateur est celui ou celle qui gère le déroulement de l'expérience et qui s'assure que tous les coéquipiers ont l'occasion d'y participer. Il ou elle s'assure que la procédure expérimentale est claire pour tous et que les règles adoptées par le groupe sont respectées. C'est lui ou elle qui pose les questions au groupe et qui encourage les membres de son groupe à travailler ensemble.



Il est possible de fabriquer et de mettre à la disposition de toutes les classes des étiquettes comme celles présentées ci-dessus, afin de bien identifier les rôles des membres de chaque équipe. Ces étiquettes pourraient être recouvertes de plastique et être fixées sur du Velcro.

Voici un résumé des principales caractéristiques de l'apprentissage coopératif.

- o Il est préférable que les équipes soient formées de deux à six élèves. La moyenne suggérée est de quatre élèves.
- o Les groupes peuvent être formés d'élèves de différents rendements scolaires : un élève fort, deux moyens et un faible.
- o Les groupes peuvent être homogènes ou hétérogènes, «*ad hoc*» ou « naturels ». Les groupes à la fois hétérogènes et «*ad hoc*» sont plus en accord avec la philosophie que nous préconisons.
- o Il est possible de regrouper pour une courte durée des élèves qui ont un ou des problèmes spéciaux.
- o Il est utile, afin de favoriser la collaboration et la participation de tous, de définir les rôles de chacun des membres d'un groupe.
- o Les élèves doivent recevoir une préparation pour bien travailler en équipe.
- o Les élèves, au début de chaque activité de groupe, peuvent recevoir des consignes relatives à leurs comportements dans le groupe et au climat souhaité.
- o Les élèves doivent tous participer lors de la résolution d'un problème.
- o L'élève doit avoir l'occasion, à l'intérieur du groupe, d'argumenter verbalement pour défendre son point de vue.
- o Il est important de faire en sorte que les élèves moins avancés n'adoptent pas trop facilement le point de vue des élèves plus avancés du groupe.
- o C'est à l'enseignant ou à l'enseignante de proposer des modes de fonctionnement du groupe.
- o Il faut mettre en place des moyens pour favoriser la confrontation des points de vue, tant à l'intérieur d'un groupe qu'entre les groupes.
- o L'enseignant ou l'enseignante peut aider les élèves d'un groupe à cheminer en remettant en question ce que ces élèves ont dit ou fait.
- o L'enseignant ou l'enseignante peut jouer le rôle de « médiateur » lors de l'investigation en groupe.

- o Chaque membre d'un groupe doit être averti qu'il est responsable de son apprentissage.
- o Tous les membres d'un groupe, tout au long de l'investigation, doivent collaborer les uns avec les autres et participer selon leurs connaissances et leurs habiletés.
- o Des comportements comme l'assistance mutuelle, le partage d'idées et d'information, l'écoute de l'autre et l'expression de chacun doivent être encouragés.
- o L'enseignant ou l'enseignante peut au cours de la réalisation d'une activité ou d'une expérience, tenter de favoriser l'émergence d'habiletés ou d'attitudes favorables à la coopération.
- o Tous les membres d'un groupe doivent avoir la possibilité de s'exprimer.
- o Les élèves doivent comprendre que le succès du groupe dépend de la participation de chaque membre.
- o Les élèves doivent pouvoir discuter d'égal à égal sans peur de se contredire.
- o Le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante varie selon les étapes de la formule pédagogique préconisée : il ou elle pose des questions, circule d'un groupe à l'autre, félicite, guide, stimule, provoque, questionne, confronte, aiguillonne, informe, encourage, etc.
- o Tous les élèves d'un groupe doivent avoir accompli leur tâche avant de passer à l'étape de la formulation d'explications. L'enseignant ou l'enseignante doit aider les groupes qui ont plus de difficultés.
- o Les élèves d'un même groupe doivent poursuivre un même but et partager un même matériel.
- o S'il y a un matériel écrit, celui-ci doit être limité et partagé.
- o Les élèves doivent noter certaines données sur une feuille ou une page du cahier de sciences en prenant soin toutefois de discuter et de s'entendre sur les réponses avant de les inscrire.
- o Au cours d'une présentation d'un groupe devant toute la classe, tous les membres de ce groupe devraient être présents devant la classe.

BIBLIOGRAPHIE

- Caillé, A.** (1974). *The Effect of Interaction, Reading and Organizers on the Formation and Stability of Concepts of Density and Pressure in Grade Six*, Ithaca, New York, Cornell University, Thèse de doctorat inédite.
- Doise, W., G. Mugny et Perret-Clermont** (1975). «Social Interaction and the Development of Cognitive Operations », *European Journal of Social Psychology*, vol. 5, (3), pp. 367-383.
- Doyon, D.** (1993). *Le rôle de l'adulte dans l'élaboration du raisonnement chez les enfants de la maternelle*, Québec, Université Laval, Thèse de doctorat inédite.
- Faust, W.** (1959). «Group Versus Individual Problem-Solving », *Journal of Abnormal and Social Psychology*, vol. 59.
- Goldman, M.** (1965). «A Comparison of Individual and Group Performance for Varying Combinations of Initial Ability », *Journal of Personality and Social Psychology*.
- Hawley, W. et S. Rosenholtz** (1984). « Good Schools : What Research Says About Improving Student Achievement », *Peabody Journal of Education*, vol. 61 (4).
- Hudgins, B.** (1960). «Effect of Group Experience on Individual Problem-Solving », *Journal of Educational Psychology*, vol. 51.
- Husband, R.** (1940). « Cooperative Versus Solitary Problem Solution », *Journal of Social Psychology*, vol. 11.
- Johnson, D. et al.** (1981). «Effects of Cooperative, Competitive, and Individualistic Goal Structures on Achievement : A Meta-Analysis », *Psychological Bulletin*, vol. 89, pp. 47-62.
- Johnson, R. et D. Johnson** (1994). «An Overview of Cooperative Learning », *Creativity and Collaborative Learning : A Practical Guide to Empowering Students and Teachers*, Baltimore, Thousand, S., Villa, R., et Nevin, A., Paul H. Brooks Publishing Co.
- Klausmeier, H. et al.** (1963). « Efficiency of Initial Learning and Transfer by Individuals, Pairs and Quads », *Journal of Educational Psychology*, vol. 54.
- Loge, I. et al.** (1958). «A Survey of Studies Contrasting the Quality of Group Performance and Individual Performance», *Psychological Bulletin*, vol. 55.
- Piaget, J.** (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- Poulin, J.R.** (1989). *Étude de l'influence d'une procédure d'apprentissage de type sociocognitif sur le développement opératoire d'élèves ayant une déficience intellectuelle légère*, Montréal, Université de Montréal, Thèse de doctorat inédite.
- Shaw, M.** (1932). «A Comparison of Individuals and Small Groups in the Rational Solution of Complex Problems », *American Journal of Psychology*, vol. 44.

- Slavin, R.** (1986). «Small Group Methods », *The International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*, Elmsford, New York, M. Dunkin editor, Pergamon Press.
- Smith, D.** (1990). *The Role of Teacher Knowledge in Teaching Conceptual Change Science Lessons*, University of Delaware, Thèse de doctorat inédite.
- Taylor, D. et al.** (1952). «Twenty Questions : Efficiency in Problem-Solving as a Function of Size of Group », *Journal of Experimental Psychology*, vol. 44.
- Vygotski, L.** (1985). *Pensée et langage*, Paris, Terrains Éditions sociales.
- Zimmermann, D.** (dir.) (1987). *On n'apprend pas tout seul : Interactions sociales et construction des savoirs*, Paris, Les Éditions ESF.

C H A P I T R E

11

**Comment évaluer
les apprentissages des élèves**

*Montrez-moi celui qui élabore
les questions d'examens et je vous montrerai
celui qui a le plus d'influence
sur ce qui s'enseigne à l'école.*

(Ralph Tyler, 1950)

Vous devriez, dans ce chapitre, trouver réponse aux questions suivantes :

- Quelle est la nature de l'évaluation ?
- Quels sont les liens entre la mise en place d'une innovation et l'évaluation de l'apprentissage ?
- Quelles sont les différentes façons d'évaluer en sciences de la nature au primaire ?

INTRODUCTION

Ce chapitre ne prétend pas être complet, ni exhaustif mais veut tout simplement aider l'enseignant ou l'enseignante à animer puis à gérer l'enseignement des sciences de la nature au primaire. C'est donc dire que nous croyons que l'évaluation des apprentissages fait partie intégrante du processus d'enseignement et qu'il ne s'agit pas d'un processus qui relève exclusivement des commissions scolaires et du ministère de l'Éducation. Ceux et celles qui voudront obtenir plus d'explications et de justifications théoriques sur l'évaluation des apprentissages pourront consulter les sources appropriées.

Les enseignants ou les enseignantes font parfois des remarques comme : Je mets beaucoup de temps à préparer puis à aider mes élèves à réaliser des investigations en sciences de la nature. Je vois très bien qu'ils aiment les sciences mais j'ai beaucoup de difficulté à évaluer leur progrès. Comment savoir si mes élèves apprennent vraiment quelque chose d'important en sciences de la nature ? » En fait, plusieurs enseignants et enseignantes sont capables d'innover et de créer en classe un climat favorable à l'investigation scientifique mais certains d'entre eux n'ont ni le temps, ni la préparation pour concevoir et réaliser des moyens d'évaluation justes, variés et faciles d'application.

L'évaluation, comme le disait Tyler (1950), est sans doute le facteur caché ayant le plus d'effet sur ce qu'on observe en classe. Il résume sa pensée par l'énoncé suivant : « Montrez-moi celui qui élabore les questions d'examens et je vous montrerai celui qui a le plus d'influence sur ce qui s'enseigne à l'école. Les examens ont un effet marqué sur ce qui s'enseigne dans les écoles et ce, même si plusieurs souhaitent le contraire. Personne ne devrait cependant en douter, spécialement ceux et celles qui cherchent à favoriser l'émergence d'innovations pédagogiques. Aucun enseignant ne veut être humilié à la fin de l'année parce que ses élèves ont échoué aux examens préparés par la commission scolaire ou par le ministère de l'Éducation. Chaque enseignant ou enseignante souhaite que ses élèves réussissent le mieux possible aux examens venant d'un organisme central. C'est pourquoi la formule pédagogique utilisée et les portions de programmes d'études qui sont enseignées dans les écoles dépendent en grande partie de la perception qu'a l'enseignant ou l'enseignante de ce qui est considéré comme important par cet organisme central. C'est une autre raison pour laquelle l'évaluation des apprentissages doit en tout temps être en harmonie avec les innovations proposées ou souhaitées.

C'est un adage bien connu que les enseignants enseignent et les élèves étudient dans le but de réussir les examens. Les parents adhèrent également à cet adage. Pourquoi en serait-il autrement ? Beaucoup

d'innovations importantes ont échoué parce les concepteurs ont oublié de prendre en considération cet aspect déterminant. En conservant la même évaluation qu'avant, évaluation qui allait souvent à l'encontre d'une pédagogie nouvelle, beaucoup d'administrateurs ont annulé ou retardé l'implantation véritable de plusieurs changements. L'expérience montre que lorsque ces deux aspects sont en opposition l'un et l'autre, c'est toujours l'évaluation qui l'emporte sur l'innovation. Une évaluation qui n'est pas en harmonie avec une innovation devient une barrière puissante à la réalisation de celle-ci. C'est pourquoi l'écart doit être le plus faible possible entre ce qu'on souhaite faire apprendre et ce qu'on évalue. Il va sans dire que l'enseignement des sciences tel que nous le préconisons peut être considéré comme une innovation.

Toute évaluation qui est en opposition avec les buts d'une innovation ne pourra servir à démontrer que cette innovation est inefficace. En effet, les résultats obtenus au cours de ces évaluations ne pourront pas faire autrement que de prouver que cette innovation a échoué. Comment veut-on qu'une innovation soit bien évaluée si, par exemple, celle-ci cherche à développer chez l'élève l'esprit critique, l'autonomie de pensée et la créativité alors que les instruments d'évaluation ne font que mesurer le rappel de faits particuliers ? C'est une des raisons pour lesquelles tant d'innovations échouent. N'est-il pas vrai qu'un test formé de questions « Vrai ou faux » et à choix multiples mesure difficilement le développement de la pensée ? C'est pourquoi les méthodes actives ne se sont jamais véritablement implantées dans nos écoles. L'évaluation doit nécessairement être en harmonie avec les buts de l'innovation et la formule pédagogique préconisée. Ce n'est que dans ces conditions que les efforts des élèves, des enseignants et des parents seront en accord avec les buts visés par l'innovation. Le potentiel de renouvellement de l'enseignement est plus élevé lorsqu'on change les modes d'évaluation des apprentissages en même temps qu'on modifie les modes d'enseignement.

Il va donc de soi que l'évaluation habituelle en classe ou par d'autres organismes du système scolaire ne peut suffire à l'implantation d'une innovation. Une pédagogie nécessitant la manipulation concrète et l'apprentissage coopératif de l'élève et qui interroge continuellement l'élève pour l'aider à construire ses propres connaissances ne peut donner lieu à une évaluation qui procède comme à l'habitude. Il est bien entendu qu'un ou une élève qu'on initie aux sciences de la nature selon la pédagogie préconisée dans ce document ne peut être évalué en bout de course à l'aide d'un instrument qui ne fait que mesurer le rappel de faits, de concepts et de principes.

Les enseignants ou les enseignantes dans les écoles ont l'habitude d'enseigner la structure conceptuelle des différentes matières. Certains n'ont fait que cela depuis le début de leur carrière, car c'était ce qu'on

attendait d'eux et ce, même si le discours officiel disait parfois le contraire. Il n'en est pas autrement des sciences de la nature au primaire, où ce sont surtout les faits, les concepts et les principes scientifiques qui sont enseignés puis évalués. Il est plus facile d'évaluer le contenu de la structure conceptuelle d'une matière que sa structure méthodologique et sa structure attitudinale et axiologique. Il est plus facile de noter l'apprentissage de faits ou de concepts que la compréhension d'une démarche ou l'évolution d'une attitude. Il est plus facile, par exemple, de donner une cote à l'élève qui peut nommer les trois caractéristiques de l'air que d'évaluer sa réponse à une question qui lui demande de concevoir et de réaliser une expérience pour déterminer l'effet de la chaleur sur l'air. Bref, il est plus facile de procéder à une évaluation sommative que de réaliser une évaluation diagnostique ou formative.

Les enseignants et les enseignantes prennent souvent plusieurs heures à préparer et à enseigner les sciences de la nature, mais réalisent souvent la préparation de l'évaluation sommative en quelques minutes à la fin d'une séance d'enseignement plus ou moins longue. En fait, l'enseignement et l'évaluation sont les deux côtés d'une pièce de monnaie, l'évaluation éclairant l'enseignement et l'enseignement orientant l'évaluation. Cela est d'autant plus vrai lorsque la formule pédagogique préconisée implique la manipulation concrète d'élèves réunis en petits groupes. Dans la pédagogie plus traditionnelle, les réponses incorrectes de l'élève en classe sont systématiquement ignorées et ce, jusqu'à ce que quelqu'un donne la réponse souhaitée. Dans un enseignement conforme à l'approche constructiviste, les « mauvaises réponses » sont perçues comme des indices des conceptions préalables des élèves.

Il nous faut donc trouver un ensemble de moyens pour apprécier l'état actuel des apprentissages des élèves. Pour ce faire, l'évaluation doit se référer à d'autres modalités que les questions écrites habituelles. Nous devons trouver un équilibre entre l'évaluation écrite, le questionnement oral de l'élève, les grilles d'observations et l'évaluation pratique de l'élève. Nous devons, à l'intérieur de chacune de ces catégories, faire varier les modalités de l'appréciation des connaissances et les attitudes de l'élève. En fait, un ensemble de questions isolées les unes des autres ne permet pas de savoir si les élèves ont compris un phénomène dans sa globalité ou s'ils ont vraiment intégré ce qui était visé par une investigation. Une évaluation sérieuse prend du temps et exige une variété de moyens.

On peut comparer l'évaluation des élèves aux activités des géologues qui tentent de déterminer la topographie d'une surface plus ou moins grande. Il est impossible avec une seule mesure de décrire la configuration de cette surface ; il en faudra plusieurs. Il en est de même dans l'évaluation des apprentissages. Il faut plusieurs questions pour arriver à connaître la pensée véritable de l'élève sur un sujet ou par rapport à un

problème donné. Pour s'en convaincre, il suffit de poser des questions à des élèves qui ont très bien réussi une question de sciences. Il ne sera pas nécessaire de leur poser beaucoup de questions pour se rendre compte que leur connaissance du sujet évalué est souvent faible et limitée.

Si l'enseignement et l'apprentissage sont des réalités complexes, comment peut-il en être autrement de l'évaluation des apprentissages ? Comment savoir si les enfants ont bien appris ce qu'on souhaitait leur enseigner ? Comment les enfants peuvent-ils nous faire connaître ce qu'ils ont compris ? Est-ce qu'il suffit que les élèves utilisent correctement un vocabulaire scientifique dans une conversation pour que nous puissions déclarer qu'ils ont atteint le degré de connaissances souhaité ? Est-ce que les élèves sont capables de faire le lien entre ce qui vient d'être appris et ce qui a été appris il y a une semaine ou un mois ? Est-ce que les élèves peuvent appliquer à des situations nouvelles ce qu'ils viennent d'apprendre ? Pourquoi faut-il évaluer à l'école ? Est-il possible de concevoir une pédagogie sans évaluation ? Pourquoi évalue-t-on si souvent ce qui semble le moins important ou ce que plusieurs perçoivent comme des visées secondaires de l'école ? Est-ce que le but de l'évaluation est de rassurer les parents et les administrateurs scolaires ? Toutes ces questions montrent que l'évaluation, tout comme l'enseignement et l'apprentissage, est une réalité complexe et multivariée. Nous allons toutefois tenter de répondre à quelques-unes de ces questions.

Pourquoi évaluer ?

L'évaluation donne à l'enseignant ou à l'enseignante de l'information sur le progrès de l'élève et lui permet d'apporter certains correctifs lorsqu'il ou elle constate que l'apprentissage visé n'a pas eu lieu. Elle permet aussi à l'élève de connaître, grâce à l'évaluation formative et à l'auto-évaluation, ses forces et ses faiblesses dans la matière étudiée. L'évaluation permet aussi de noter l'élève. Elle fournit enfin à l'enseignant ou à l'enseignante de l'information sur l'efficacité de son enseignement, sur la valeur de la formule pédagogique et du matériel didactique utilisés et sur la pertinence du programme qu'il ou elle tente de réaliser.

Qui évalue ?

L'élève, les enseignants et la direction d'école sont tous engagés dans le processus d'apprentissage de l'élève et doivent tous, par conséquent, être responsables de l'évaluation des apprentissages. S'ajoute périodiquement à ceux-ci l'évaluation qui émane de la commission scolaire et du ministère de l'Éducation. L'enseignant ou l'enseignante joue cependant un rôle fondamental dans l'évaluation, car il ou elle doit évaluer les apprentissages

de l'élève, l'efficacité de son enseignement et l'atteinte de la portion (du programme dont il ou elle a la responsabilité.

Qu'est-ce qu'on évalue ?

L'évaluation doit porter sur tous les objectifs du programme et non seulement, comme on le fait trop souvent, sur les savoirs. Il faut inventer des façons de faire qui permettent l'évaluation des habiletés reliées à la résolution de problèmes ou à l'investigation de l'élève ainsi que l'évaluation des attitudes, des valeurs et des savoirs scientifiques visés par le programme.

Comment évaluer ?

Le progrès de l'élève doit non seulement être déterminé à l'aide de tests écrits mais à l'aide de discussions en classe et en observant comment les habiletés, les attitudes et les savoirs scientifiques sont appliqués à des situations nouvelles. Nous devons cependant reconnaître que l'enseignant ou l'enseignante a plus l'habitude des évaluations écrites que des évaluations de travaux pratiques ou du comportement de l'élève en classe.

Quand évaluer ?

L'évaluation est un processus continu, donc qui peut avoir lieu en tout temps. Cela n'empêche pas le système scolaire de prévoir des évaluations plus systématiques durant certaines périodes de l'année. L'évaluation, tout comme l'enseignement, a une dimension d'âge. En 1^{re} et en 2^e année, l'évaluation devrait, selon nous, tenter d'observer les efforts et les comportements que déploient les élèves en construisant certains concepts et en utilisant des symboles, des images et des mots pendant leurs activités scientifiques. Cette observation pourrait être codifiée à l'aide de grilles d'observation. À ce stade, on devrait surtout insister sur l'évaluation des habiletés et des attitudes reliées à l'investigation et à la résolution de problèmes. À notre avis, les modes et les pratiques d'évaluation devraient s'adapter aux capacités des élèves, capacités qui évoluent beaucoup de la 3^e à la 6^e année. C'est à ce stade qu'on peut introduire progressivement l'évaluation écrite.

LA NATURE DE L'ÉVALUATION

À quoi sert l'évaluation ? L'évaluation peut être un outil de sélection, un indicateur permettant aux parents de connaître le cheminement de leur enfant, un stimulant permettant d'encourager les enfants à progresser,

une façon de savoir si l'enseignement est adéquat, un moyen d'identifier les difficultés pour y remédier... L'évaluation peut aussi servir à diagnostiquer l'état des connaissances de l'élève avant le début de l'enseignement. Elle peut fournir à l'enseignant ou à l'enseignante une information relative au développement des attitudes, des habiletés et des savoirs des enfants. Dans ce cadre, il n'est pas nécessaire que tous les élèves soient évalués de la même façon, car il n'y aura pas de comparaison. Par contre, si l'évaluation veut établir des comparaisons entre les groupes, il faut s'assurer au départ que les élèves sont placés sur le même plan. Lorsque l'évaluation doit servir d'indicateur permettant d'informer les parents sur le rendement scolaire de leurs enfants, les critères d'évaluation doivent être clairs et les jugements portés doivent être faciles à comprendre. L'évaluation, comme nous l'avons déjà dit, peut prendre trois formes : diagnostique, formative ou sommative, c'est-à-dire qu'elle peut être réalisée avant, pendant ou après l'enseignement.

Les recherches de Stiggins (1986), comprenant près de 400 enseignants et se rapportant à plusieurs milliers de questions d'évaluation, ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- o Les enseignants et les enseignantes posent très fréquemment des questions qui demandent des réponses brèves.
- o Les enseignants et les enseignantes, d'une façon générale, même ceux et celles qui enseignent la langue maternelle, évitent les questions qui demandent de longs développements.
- o Les enseignants et les enseignantes font plus souvent appel aux questions demandant l'association d'éléments qu'à des questions à choix multiples.
- o Les questions portant sur le rappel de faits sont plus nombreuses que celles de toute autre catégorie.
- o Près de 80% des questions de cet échantillon portaient sur le rappel de faits et sur la connaissance d'une terminologie, de règles et de principes.
- o Très peu de questions se rapportaient à la capacité qu'a l'élève d'appliquer ce qu'il ou elle avait appris.

L'évaluation peut être définie comme une collection systématique d'information relative à l'apprentissage de l'élève. Selon la méthodologie d'enseignement que nous avons proposée au chapitre 6, l'évaluation est nécessaire à l'étape 1 (le diagnostic des connaissances préalables des élèves) et à l'étape 7 (l'évaluation sommative des élèves). L'évaluation a également lieu aux étapes intermédiaires de notre méthodologie. Il s'agit alors de l'évaluation formative de l'élève, qui accompagne et qui complète l'auto-évaluation de l'élève. L'évaluation peut également avoir lieu

quelques temps après la fin d'une investigation de l'élève afin de mesurer sa rétention à plus long terme. Il est important de comprendre que les tests ne sont qu'une petite partie de l'évaluation et qu'ils ne constituent qu'un moyen d'évaluer.

L'évaluation, il faut le rappeler, est toujours partiellement subjective. Le subjectivisme se manifeste d'abord quand on détermine les critères et les normes d'évaluation puis ensuite quand on interprète les comportements des élèves ou les résultats découlant de ces évaluations.

L'évaluation des apprentissages, comme nous l'avons dit précédemment, peut être diagnostique, sommative ou formative. L'évaluation formative, comme son nom l'indique, cherche à évaluer les acquisitions de l'élève, pendant ou à la suite de l'enseignement afin de favoriser l'apprentissage ou d'aider l'élève. Elle cherche à obtenir de l'information sur le développement ou sur les acquisitions de l'élève afin d'aider à améliorer la compréhension ou de favoriser le rendement immédiat de l'élève. En d'autres mots, elle a pour but d'aider l'élève durant ou tout de suite après une investigation, au lieu de chercher, comme dans le cas de l'évaluation sommative, à lui attribuer une cote indiquant sa compréhension globale. L'évaluation sommative, par contre, cherche surtout à attribuer une cote à l'élève à la fin d'une période de temps donnée et se préoccupe avant tout de l'évaluation de l'ensemble des objectifs d'une unité d'apprentissage ou de ceux d'une portion du programme des sciences, par exemple. Elle a donc comme but principal de noter et de certifier l'élève ou encore d'indiquer l'efficacité d'un enseignement. Nous ne reviendrons pas sur l'évaluation diagnostique, car elle a été traitée en profondeur au chapitre 6.

Il est possible d'associer les trois types d'évaluation pour former une évaluation continue. Lors de l'évaluation diagnostique (D), on inscrit sur le tableau ou sur un carton les connaissances préalables des élèves sur le sujet. À la fin de l'investigation, on liste à côté de celles-ci ce que savent les élèves : ce qui correspond à leur évaluation sommative (S). On demande alors aux élèves de comparer ce qu'ils savent avec ce qu'ils savaient avant le début de l'investigation. Cette comparaison peut être conçue comme une forme d'évaluation formative (F) ou une auto-évaluation. En voici un exemple. Les enfants de 3^e année savent que les plantes viennent des graines, que les graines ont besoin d'eau pour pousser, que les graines ont différentes grosseurs, formes et couleurs et que les oiseaux en mangent. Il se peut aussi que certaines conceptions erronées soient proposées. Par exemple : les grosses graines proviennent de grosses plantes, toutes les graines ont deux parties (D). À la fin d'une ou de plusieurs expériences, les élèves auront appris que les graines sont vivantes, que toutes les graines ne germent pas en même temps, que les graines ne germent pas lorsque la température est trop froide, que les grosses plantes

ne viennent pas toujours des grosses graines, que les graines contiennent un petit embryon (S). La comparaison entre ces deux listes aidera l'élève à évaluer le chemin parcouru (F).

L'évaluation formative peut prendre des formes différentes. Lorsque, par exemple, on croit qu'un ou une élève a de la difficulté à suivre ou à comprendre, il est possible de l'isoler pour lui poser quelques questions relatives à une tâche pendant que les autres élèves réalisent en petits groupes leur investigation. Nous savons par expérience qu'il est plus facile de réaliser une tâche que d'expliquer comment et pourquoi il est nécessaire de réaliser cette tâche. Ce type d'évaluation formative comporte des avantages, entre autres :

- o Les questions sont posées oralement.
- o Les élèves peuvent demander une clarification de la question.
- o Le déroulement de l'évaluation peut être accéléré ou ralenti pour s'adapter à l'élève.
- o Les élèves ont la possibilité de modifier leurs réponses.
- o Il est possible de suivre et d'interroger la méthode ou le cheminement de l'élève.

L'évaluation doit être variée. Il faut, selon nous, appliquer simultanément et d'une façon continue plusieurs modes d'évaluation différents pour bien déterminer le niveau de compréhension d'un ou d'une élève. Cela évite que le sort d'un ou d'une élève ne dépende que d'un seul examen par période de notation. Le canevas adopté devrait être sensiblement le même pour toutes les classes d'une unité administrative donnée, ce qui permettrait d'éviter qu'il y ait un écart sensible entre les objectifs visés dans le programme et les évaluations proposées ou imposées.

Il y a fondamentalement trois grandes catégories de moyens pour évaluer les élèves dans leur apprentissage des sciences de la nature à l'école :

- o nous pouvons leur poser des questions orales ou écrites avant, pendant ou après la réalisation de leurs investigations ;
- o nous pouvons les observer, en petits groupes, pendant la réalisation de leurs investigations ;
- o nous pouvons les observer et les questionner dans la réalisation de tâches ou travaux pratiques individuels.

Chaque type d'évaluation a ses forces et ses limites ; cependant, elles se complètent l'une et l'autre. Il est donc possible de se faire une bonne idée du degré de compréhension de l'élève en élaborant un canevas d'évaluation qui tient compte de ces trois modes.

Questionner les élèves

Nous pouvons demander aux élèves de nous dire ce qu'ils savent ou ce qu'ils pensent sur un sujet ou un problème donné. Les méthodes d'évaluation de cette catégorie peuvent être orales ou écrites. Les discussions, les échanges, les entrevues plus ou moins formelles, le questionnement, l'expression spontanée des élèves sont des méthodes d'évaluation orale. On peut aussi demander des réponses écrites à des questions. Les tests, les questionnaires, les listes, les essais, les résumés et les rapports de laboratoire constituent d'autres façons d'utiliser le langage pour évaluer l'apprentissage des élèves.

Même s'il est devenu à la mode de critiquer les évaluations de type «crayon et papier», celles-ci demeurent un moyen important pour déterminer certains apprentissages, plus particulièrement l'apprentissage de faits, de principes et le vocabulaire de la structure conceptuelle et les savoir-faire de la structure méthodologique. Ces tests sont cependant moins efficaces pour déterminer la compréhension, l'application, l'analyse, la synthèse, l'acquisition d'habiletés et le développement d'attitudes.

Observation des élèves

L'observation des élèves peut être spontanée, c'est-à-dire se faire sans instrument de mesure. Ce type d'observation est acceptable en évaluation formative. Cependant, pour s'assurer, lors de l'évaluation sommative, que l'observation de l'élève sera juste et équitable, il est important qu'elle soit guidée par des grilles d'observation où sont décrits certains comportements souhaitables. Cette observation systématique permet d'évaluer les attitudes, les valeurs et les savoir-faire des élèves.

Interpréter les productions des élèves

Il est possible finalement d'obtenir de l'information sur les apprentissages et les comportements des élèves en évaluant leurs productions. L'évaluation peut porter sur des dessins, des montages, des protocoles que les élèves ont proposés, des expériences qu'ils ont préparées, des collections qu'ils ont rassemblées ainsi que ce qui est inscrit dans leurs cahiers de sciences.

Il existe une autre façon de regrouper les modes d'évaluation. Il est possible de répartir en trois sous-ensembles les questions d'évaluation à l'intérieur de trois classes distinctes :

- o évaluation où l'élève répond (R) oralement, par écrit ou à l'aide d'un dessin aux questions posées versus évaluation où l'enseignant observe (O) le comportement de l'enfant ;

- o évaluation où l'élève choisit (C) une ou plusieurs réponses parmi celles qu'on lui propose versus évaluation où l'élève propose (P) de son propre cru une ou des réponses ;
- o évaluation qui demande une interprétation (I) de l'enseignant ou de l'enseignante (évaluation dite subjective) versus évaluation dont les réponses et les comportements ne demandent pas une interprétation (P) de l'enseignant ou de l'enseignante (évaluation objective).

L'ÉVALUATION ORALE ET ÉCRITE

Les questions orales et écrites sont les mieux connues et les plus utilisées en classe. On retrouve la question à réponse brève, la phrase à compléter, le dessin à compléter, le dessin spontané, la question « vrai ou faux », la question à choix de réponses, la question à choix de réponses avec justification, l'association, la sériation, l'essai, le rapport de recherche, le cahier de laboratoire, le devoir, le questionnement oral, l'entrevue... On peut se servir des questions orales et écrites tout au long de la démarche pédagogique préconisée dans ce document. Elles servent surtout à évaluer l'apprentissage de connaissances, qu'il s'agisse des savoirs de la structure conceptuelle ou des savoir-faire de la structure méthodologique. Toutefois, nous ne recommandons pas l'utilisation de questions orales et écrites avant la 3^e année du primaire. À partir de la 3^e année, notre expérience montre qu'environ 30 % de l'évaluation totale peut se rapporter à l'évaluation de l'acquisition de savoirs de la structure conceptuelle des sciences de la nature et qu'environ 30 % de l'évaluation totale peut se rapporter à la structure méthodologique des sciences de la nature. Les 40% qui restent pourraient être partagés en parts égales entre l'observation de l'élève et l'interprétation des productions des élèves.

Voici des suggestions de questions écrites pouvant être utiles lors de l'évaluation des apprentissages.

La question à réponse brève

C'est une question qui, en général, demande une réponse formée d'un ou de quelques mots.

Exemples

⇒ *Nomme trois caractéristiques de l'air.*

⇒ *Écris une phrase en utilisant les mots : eau, évaporation et soleil.*

La phrase à compléter

C'est une phrase courte où il manque en général un ou deux mots ou expressions clés.

Exemples

- ⇒ *Place deux des mots présents, passé, futur aux bons endroits dans la phrase.*
- ⇒ *La prédiction se sert des données du _____ pour tenter de dire à l'avance ce qui arrivera dans le _____.*

Exemples

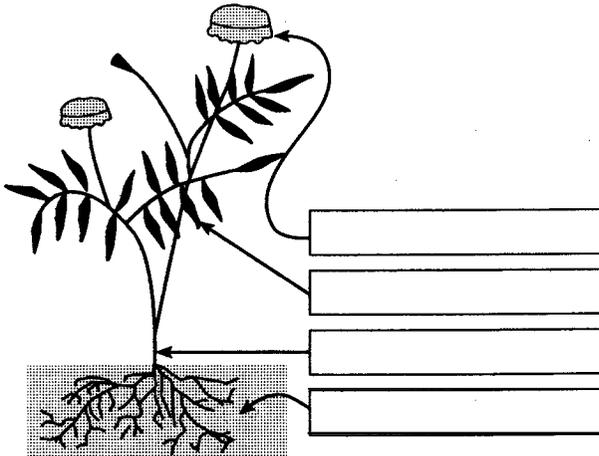
- ⇒ *Trouve le mot manquant dans la phrase.*
- ⇒ *Les arbres qui perdent généralement leurs feuilles en hiver se nomment _____.*

Le dessin à compléter

Le dessin ou graphique à compléter s'apparente à la question à réponse brève. Il vise généralement à nommer certains aspects, certaines caractéristiques ou certains traits distinctifs des objets, des phénomènes ou des événements. Le dessin ou le graphique à compléter doit être clair afin que l'élève n'ait pas à deviner ce qu'on lui présente.

Exemple

- ⇒ *Inscris dans chaque case le nom de la partie de la plante.*



Le dessin commandé

Le dessin commandé permet de voir comment les enfants se représentent une réalité quelconque. Une fois le dessin terminé, il est possible de demander aux élèves d'expliquer verbalement la signification de certaines parties de leur dessin.

Exemple

⇒ *Fais un dessin pour montrer le chemin que parcourent les aliments entre la bouche et l'anus dans le corps humain.*

Les questions du type «vrai ou faux»

Il s'agit d'un énoncé que l'élève doit qualifier de «vrai ou faux». Les questions de type «vrai ou faux» sont difficiles à rédiger, car leur interprétation doit être univoque. Les énoncés doivent être totalement vrais ou totalement faux. Il existe deux grandes catégories de questions «vrai ou faux» : 1) le «vrai ou faux» simple ; 2) le «vrai ou faux» avec correction.

Depuis vingt ans, les questions du type «vrai ou faux» sont moins populaire en raison du rôle important qu'y joue le hasard. Ce type de question peut cependant être utile auprès de jeunes du primaire qui ont encore de la difficulté à lire. Dans ce cas, l'enseignant ou l'enseignante lit les questions à voix haute et l'élève encercle ou coche la réponse de son choix.

Exemple (vrais ou faux simples)

⇒ *Indique si l'énoncé est vrai ou faux.*

- o *La pupille de l'œil se dilate lorsqu'on regarde au loin. V ou F*
- o *C'est l'iris qui donne la couleur de l'œil. V ou F*

Exemple (vrais ou faux avec correction)

⇒ *Indique si l'énoncé est vrai ou faux. Quand l'énoncé est faux, corrige-le pour le rendre vrai.*

- o *Le son se propage dans une seule direction ? V ou F.*
- o *Le cœur humain d'un adulte en santé bat d'un rythme d'environ 50 fois par minute. V ou F.*

Note : Si la réponse est fautive, corrige la phrase pour la rendre vraie.

La question à choix de réponses

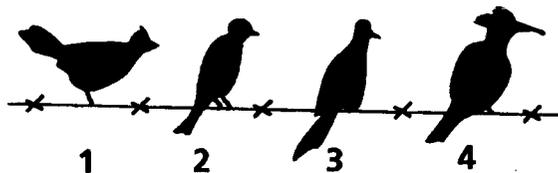
La question à choix de réponses est un énoncé qui comporte des choix de réponses appelés leurres. Ces leurres doivent être plausibles et univoques. Pour éliminer le plus possible le hasard, la question à choix de réponses doit généralement comporter de quatre et six leurres. Afin de construire de bons leurres, il est parfois bon d'utiliser les erreurs des élèves. Il existe deux grandes catégories de questions à choix de réponses : les questions où l'élève choisit une seule réponse ou toutes les bonnes réponses parmi un ensemble de réponses suggérées et les questions à choix de réponses avec correction ou explication.

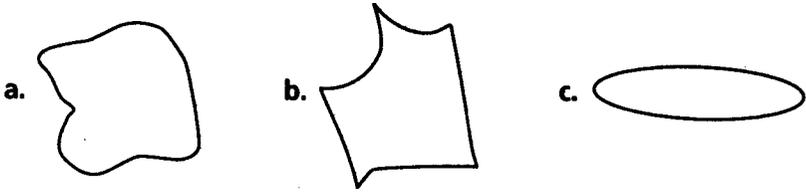
Dans les questions à choix de réponses, l'élève choisit parmi les réponses que lui propose quelqu'un d'autre. Celui ou celle qui pose les questions propose aussi les réponses parmi lesquelles l'élève doit choisir. Tout ce que fait l'élève est de choisir parmi plusieurs réponses offertes. Il est difficile de construire des questions à choix de réponses pour autre chose que les questions de rappel, de vocabulaire et des définitions. Cela est possible mais exige beaucoup de temps et une bonne mise en situation. L'argument le plus dommageable relatif aux questions à choix de réponses est qu'elles présupposent qu'il n'existe qu'une seule bonne réponse, ce qui n'est pas toujours le cas.

Ces questions, tout comme les questions du type «vrai ou faux », demandent que l'élève reconnaisse une bonne réponse parmi trois ou quatre autres, ce qui est un niveau inférieur aux questions de rappel. De plus, ces questions doivent être rédigées du point de vue de l'élève. Même si les questions à choix multiples et du type «vrai ou faux» sont relativement faciles à administrer, elles révèlent très peu de ce que l'élève sait vraiment. Quand l'élève répond incorrectement à ce type de question, l'enseignant ou l'enseignante ne sait pas pourquoi l'élève a fait une erreur. Toutefois, la question à choix multiples offre l'avantage d'une correction objective, car l'enseignant ou l'enseignante n'a pas à interpréter la réponse de l'élève.

Exemples (l'élève choisit qu'une seule bonne réponse)

- o *Parmi les oiseaux illustrés, lequel est un merle américain ou un rouge-gorge ?*





- o Lequel des trois cailloux ci-dessus, qu'on retrouve le long d'un cours d'eau, montre le plus d'usure ? ____ ;

Exemples (l'élève choisit toutes les bonnes réponses)

⇒ Dans la liste ci-dessous, trouve trois raisons qui pourraient être responsables de l'usure des arêtes d'un caillou.

Indique ta réponse en cochant dans les cases.

- o Il a séjourné dans une rivière pendant longtemps.
- o Il a parcouru une très grande distance sur le lit de la rivière.
- o Il a gelé plusieurs fois dans la glace de la rivière.
- o Il était déjà rond quand il s'est dégagé de la montagne.

⇒ Indique l'ordre dans lequel un biscuit passe par les organes suivants : l'estomac (1) ; le petit intestin (2) ; l'œsophage (3) ; la bouche (4).

- o (a) 1—2—3—4
- o (b) 4—1—3—2
- o (c) 3—4—1—2
- o (d) 4—2—1—3
- o (e) 4—3—1—2

⇒ Indique si l'aliment contient ou ne contient pas de protides en cochant la colonne appropriée.

Aliment	Avec protides	Sans protides
Blanc d'œuf		
Carotte		
Légumineuse		
Orange		
Pomme		
Lait en poudre		
Noix		

Exemple (l'élève explique son choix de réponse)

⇒ *On veut peser une gomme à effacer mais on n'a pas de poids servant d'unité de mesure.*

Quels objets peuvent servir d'unités de poids pour peser cette gomme à effacer ? Indique ta réponse en cochant les cases appropriées.

- Des sous noirs.
- Des clous de la même grosseur.
- Des vis de la même grosseur.
- Des petits cailloux.
- Différentes pièces de monnaie.

Donne, dans chaque cas, la raison de ton choix.

- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____
- e. _____

L'association

Les questions de type « association », appelées aussi d'appariement, sont constituées de deux ensembles : l'ensemble stimuli et l'ensemble de réponses. L'ensemble de réponses est généralement placé à droite et peut être formé de plus d'éléments que l'ensemble stimuli. Il s'agit pour l'élève d'associer chacun des énoncés de l'ensemble stimuli à un des éléments de l'ensemble réponses.

Exemples

⇒ *Voici quatre instruments météorologiques. Écris la lettre de chaque instrument devant le phénomène qu'il sert à mesurer.*

A - Un pluviomètre	• _____	Température de l'air
B - Un baromètre	• _____	Quantité de pluie tombée
C - Un thermomètre	• _____	Humidité relative
D - Un psychromètre	• _____	Changement de la pression de l'air

⇒ *Écris la lettre de chaque principe devant le phénomène approprié.*

A - Dans un liquide, les objets les plus denses descendent au fond de celui-ci.

B - La pression qu'exerce un liquide augmente avec sa profondeur.

C - L'air exerce une pression dans toutes les directions.

D - La pression de l'air est plus grande au niveau de la mer qu'en haute montagne.

- ____ Une roche se retrouve au fond du lac.
- ____ C'est la pression de l'air qui fait fonctionner un siphon.
- ____ Il est dangereux de plonger à plus de 10 mètres sous l'eau.

La sériation ou la mise en ordre

Les questions de sériation consistent à mettre en ordre des objets, des phénomènes ou des événements d'après certains critères qui peuvent se rapporter au temps, à l'espace ou à diverses intensités. On demande à l'élève de placer certains traits naturels dans un ordre donné et d'indiquer cet ordre par des lettres ou des chiffres.

- Numérote les événements selon leur ordre chronologique :
 - ____ Le fond de la mer s'est élevé pour former un terrain sec.
 - ____ Une rivière a creusé un canyon profond. Des scientifiques ont découvert des fossiles dans les parois du canyon.
 - ____ Des mers anciennes ont recouvert la Terre et déposé des sédiments.

L'essai

L'examen du genre «essai» exige de l'élève des réponses personnelles plus ou moins élaborées. Cette forme d'évaluation est, dans la plupart des cas, plus ou moins appropriée pour l'évaluation des sciences de la nature au primaire. En effet, l'examen de type «essai» demande que l'élève fasse preuve d'analyse et de synthèse. Or, ces traits sont assez peu développés chez les enfants du primaire. Dans la rédaction d'un essai, l'élève doit être capable de penser, de faire preuve d'esprit critique, de concevoir un plan, d'organiser ses idées, d'évaluer, d'écrire clairement et de faire preuve

de créativité. Les compositions de type « essai » rédigées à partir de sources secondes (livres, revues, films, encyclopédies) doivent être courtes et ne servir qu'à colliger de l'information qu'on ne peut obtenir directement grâce à la manipulation en classe. Plusieurs enseignants et enseignantes du primaire appellent à tort cette activité de la recherche mais il s'agit surtout d'un processus de cueillette et de copiage d'information.

Voici quelques exemples de l'évaluation de type «essai» qui pourraient être proposés à des élèves du primaire.

Un ver de terre n'a pas de jambes et vit généralement dans le sol. Il se nourrit de parties d'insectes morts qu'il retrouve dans le sol. Il préfère le sol humide au sol sec.

⇒ Écris un texte similaire à celui qui précède pour décrire chacun des êtres vivants étudiés en classe ? (limace, papillon et araignée).

Limace _____

Papillon _____

Araignée _____

- o Est-ce qu'une fleur a besoin de lumière et de chaleur pour croître ? Décris une petite expérience qui pourrait te permettre de répondre à cette question. Indique clairement les étapes de cette expérience.

- o Résume les principaux aspects de la recherche que tu viens de réaliser. Nomme le problème ou indique la question qui était à l'origine de cette expérience ? Quelle hypothèse as-tu essayé de prouver ? Quel était le plan expérimental suivi ? Quelles conclusions as-tu pu dégager ?

L'évaluation orale

L'évaluation orale permet d'obtenir de l'information pour l'évaluation formative. Au cours des investigations, l'enseignant ou l'enseignante pourra circuler d'un groupe à l'autre et poser des questions aux élèves afin d'obtenir des indices sur leur compréhension du déroulement. Pour ce faire, il faudra poser de bonnes questions et être à l'écoute des réponses spontanées de l'élève. À ce sujet, il peut être utile de consulter le chapitre 9 du présent document.

En plus des réponses fournies par l'élève aux questions de l'enseignant ou de l'enseignante, voici quelques exemples d'évaluation orale.

- **Critique d'un plan expérimental**

Un ou une élève peut critiquer verbalement une expérience réalisée par un autre. Pour habituer les élèves à la critique, on peut leur demander d'évaluer une démonstration de l'enseignant ou de l'enseignante (démonstration qui comprend des erreurs méthodologiques), un texte écrit décrivant un plan expérimental ou le plan d'une expérience réalisée par quelqu'un d'autre.

- **Démonstration devant la classe**

Un groupe d'élèves peut périodiquement faire la démonstration d'une expérience qu'ils ont réalisée et répondre aux questions des élèves de la classe.

- **Mimer un concept ou un principe**

Un groupe d'élèves peut mimer devant la classe un concept ou un principe. Par exemple, il peut s'agir de mimer le courant

électrique qui passe dans un fil. Les élèves se déplacent en se tenant la main (courant électrique) et peuvent parcourir une boucle tracée sur le plancher de la classe (fil). Les embûches (résistance au courant) le long du parcours ralentiront leurs déplacements. Lorsque la chaîne des mains est brisée, les élèves ne peuvent plus avancer (circuit ouvert), lorsque la chaîne des mains est fermée, ils peuvent de nouveau se mettre en branle (circuit fermé). Une barrière que l'enseignant ou l'enseignante place dans le parcours (interrupteur) coupe la boucle et les empêche de circuler. Une petite poussée que le maître donne à chaque enfant quand ils passent devant lui (la pile) leur donne l'élan nécessaire pour parcourir le tour du circuit.

Un groupe d'élèves peut également mimer la lumière qui est réfléchi sur une surface brillante, l'angle de la lumière incidente (angle de départ) dépendant de l'angle de la lumière réfléchi (angle d'arrivée). L'enseignant ou l'enseignante peut faire varier l'angle de la surface réfléchissante.

LES GRILLES D'OBSERVATION

Les grilles d'évaluation du comportement de l'élève sont moins connues que les questions orales ou écrites, donc d'utilisation moins fréquente en classe. Nous suggérons que l'évaluation des élèves de la maternelle, de la 11^e année et de la 2^e année du primaire, lorsque cela sera nécessaire ou obligatoire, se fasse par l'entremise de grilles d'observation. À partir de la 3^e année, près de 20% de la cote d'évaluation globale pourrait découler de l'observation directe de l'élève en classe.

Il est important d'apprendre à bien observer les enfants, surtout au cours de la manipulation d'objets dans les explorations libres, les activités et les expériences contrôlées en classe. Ces observations peuvent être facilitées par des instruments qui permettent de systématiser celles-ci et de transformer en cotes les observations effectuées. Nous pouvons aussi poser des questions aux élèves et inscrire leurs réactions dans une grille d'observation.

La grille d'observation présente certains avantages par rapport à d'autres types d'évaluation. Certains des avantages de l'observation naturelle sont : 1) qu'il est possible d'évaluer l'élève dans un cadre naturel ou dans des situations où il ou elle ne sent pas qu'on l'observe ; 2) qu'elle évite jusqu'à un certain point de susciter les tensions souvent associées aux évaluations plus formelles ; 3) qu'elle permet d'obtenir des données qu'on pourrait difficilement obtenir autrement ; 4) qu'elle favorise une évaluation globale et continue de l'élève ; 5) qu'elle permet la correction

de certaines mauvaises habitudes avant qu'elles ne deviennent trop ancrées ; 6) qu'elle est souvent la seule façon d'évaluer le progrès et les capacités acquises des enfants de la maternelle, de la 1^{re} et de la 2^e année ainsi que des élèves ayant des problèmes de lecture ; 7) qu'elle permet de mieux évaluer certains traits du domaine affectif et du domaine moteur que les évaluations écrites ; 8) qu'elle permet d'évaluer l'élève surtout lorsqu'il ou elle manipule des objets au cours d'une investigation (ex. : la façon dont l'élève planifie ses investigations, l'importance qu'il ou elle accorde à la vérification, sa capacité de contrôler les variables) ; 9) qu'elle permet d'obtenir de l'information sur le développement véritable des habiletés de la démarche scientifique.

La grille d'observation présente aussi des difficultés. Les principales sont : 1) qu'elle exige beaucoup de temps d'élaboration et parfois d'application ; 2) qu'elle pose des problèmes de fiabilité et de validité ; 3) qu'elle pose des problèmes relatifs à la subjectivité de l'évaluation.

Ces grilles d'évaluation, quoique imparfaites (souvent subjectives), permettent d'obtenir des renseignements sur le comportement des élèves durant leur investigation en sciences au primaire. En fait, ces grilles donnent à l'enseignant ou à l'enseignante une bonne idée de l'effet qu'ont eu les activités de sciences sur le développement des attitudes et des habiletés scientifiques de l'élève.

Voici quelques comportements à partir desquels il serait possible de construire des grilles d'observation des élèves lors de leurs investigations en sciences de la nature. Ces comportements se rapportent à des habiletés scientifiques, à des attitudes et à des valeurs qui découlent des investigations scientifiques. Au cours d'une investigation, l'élève peut :

1. Poser des questions.
2. Mettre en doute certaines idées reçues.
3. Formuler puis proposer des hypothèses.
4. Proposer des solutions.
5. Écouter les idées des autres.
6. Noter les observations et les mesures pertinentes.
7. Comparer les objets entre eux.
8. Ordonner des objets selon un critère.
9. Mesurer des objets.
10. Classifier des objets.
11. Identifier les variables pertinentes.
12. Contrôler les variables.
13. Faire preuve d'initiative.

14. Planifier ses expériences.
15. Demander de l'aide quand il ou elle en a besoin.
16. Refuser de l'aide quand il ou elle se croit sur la bonne voie.
17. Modifier la procédure pour tenir compte du matériel disponible.
18. Travailler proprement.
19. Organiser ses données.
20. Tirer des conclusions de ses données.
21. Construire des tableaux de données.
22. Construire des graphiques.
23. Énoncer des prédictions.
24. Vérifier ses prédictions.
25. Utiliser des symboles.
26. Évaluer le chemin parcouru.
27. Discuter les résultats obtenus.
28. Chercher des solutions aux problèmes.
29. Suggérer une réponse basée sur les données disponibles.
30. Établir des liens entre les conclusions dégagées et les faits disponibles.
31. Évaluer et critiquer les moyens utilisés, les résultats et les conclusions dégagées.
32. Reconnaître la contribution des autres.
33. Communiquer ses idées de façon appropriée.
34. Créer des modèles.
35. Proposer des définitions opératoires.
36. Tenter de vérifier ses conclusions.
37. Reprendre, au besoin, certaines expériences.
38. Tenter d'appliquer certaines conclusions.

Évaluation des habiletés de la démarche scientifique

Voici une liste de 16 habiletés scientifiques qui pourraient être utiles lors de la construction de grilles d'évaluation en sciences de la nature. Chaque habileté comprend trois niveaux distincts de comportements qui vont du simple au complexe. En se référant à cette liste, il serait possible de

choisir deux ou trois habiletés auxquelles on souhaite porter une attention toute spéciale durant une période donnée et de construire à partir de celles-ci une grille d'évaluation. Il est bien entendu qu'on ne peut évaluer toutes ces habiletés en même temps. Il serait possible d'accorder la cote 1 (au niveau le plus faible) au premier niveau de comportement, 3 au deuxième niveau et 5 au troisième niveau de comportement (le niveau le plus élevé). Cela signifie que les cotes 2 et 4 pourraient être attribuées à des élèves qui font preuve d'un comportement différent de ceux proposés. Il ne faut pas oublier que l'évaluation a une dimension d'âge et que certains des comportements décrits ne seront jamais complètement atteints à la fin du primaire.

L'observation

- a) L'élève observe rarement les détails des objets ou les traits inhabituels à moins qu'on ne les lui montre.
- b) L'élève note plusieurs observations en faisant appel à plusieurs sens, mais il a besoin d'aide pour dégager des relations entre les aspects qu'il observe.
- c) L'élève établit des relations entre les observations et se concentre sur les aspects pertinents au problème ou à la recherche en cours.

Le questionnement

- a) L'élève accepte les choses telles qu'elles sont ou ne pose que des questions superficielles qui ne font pas avancer la recherche.
- b) L'élève pose des questions qui peuvent faire avancer la recherche mais qui doivent être transformées pour être utiles ou vérifiables expérimentalement.
- c) L'élève pose un grand nombre de questions et est capable de séparer celles qui sont vérifiables expérimentalement de celles qui ne le sont pas. Il est capable d'exprimer ces dernières en questions vérifiables expérimentalement.

La formulation d'hypothèses

- a) L'élève saute aux conclusions en faisant appel à des idées qui n'ont rien à voir avec le problème considéré.
- b) L'élève suggère des hypothèses en faisant le lien avec ses connaissances préalables mais seulement après qu'on lui a suggéré les relations en cause.

- c) L'élève est capable d'identifier les expériences précédentes qui pourraient expliquer un nouveau problème et peut suggérer au moins une hypothèse.

La sériation

- a) L'élève regroupe les objets, phénomènes ou événements en deux classes, sans graduer ceux-ci à l'intérieur des classes.
- b) L'élève met en ordre une partie des objets, phénomènes ou événements selon une seule propriété. Il ou elle néglige les faibles variations que subit cette propriété.
- c) L'élève met en ordre les objets, phénomènes ou événements selon une seule propriété et prend en compte les faibles variations que subit cette propriété.

La classification

- a) L'élève fait des regroupements en perdant de vue la propriété distinctive de l'objet, du phénomène ou de l'événement qui servait de base à la classification.
- b) L'élève regroupe les objets, phénomènes ou événements en classes à partir de caractéristiques identifiées par d'autres.
- c) L'élève regroupe les objets, phénomènes ou événements en classes à partir de caractéristiques qu'il ou elle a identifiées et peut construire à partir de propriétés observables des clés taxonomiques simples.

La mesure

- a) L'élève mesure directement des objets ou phénomènes à l'aide d'instruments qu'on lui suggère et commente parfois des erreurs de prise de mesure.
- b) L'élève choisit des instruments de mesure conventionnels qui sont appropriés aux objets ou phénomènes étudiés et est capable d'exécuter correctement la mesure.
- c) L'élève choisit des instruments de mesure conventionnels ou non conventionnels qui sont appropriés aux objets ou aux phénomènes étudiés et est capable d'exécuter correctement la mesure. Il ou elle est capable d'établir l'unité de l'instrument non conventionnel et de calibrer l'instrument en conséquence.

L'identification des variables

- a) À partir d'un problème bien identifié, l'élève a de la difficulté à nommer les propriétés d'un objet ou d'un phénomène qui changeront au cours de l'expérience.
- b) À partir d'un problème bien identifié, l'élève est capable de nommer les principales propriétés d'un objet ou d'un phénomène qui changeront au cours de l'expérience.
- c) À partir d'un problème bien identifié, l'élève est capable de nommer les propriétés d'un objet ou d'un phénomène qui changeront au cours de l'expérience. Il ou elle est également capable de désigner les propriétés qui ne changeront pas durant l'expérience.

Le contrôle des variables

- a) L'élève n'est pas capable de distinguer un plan expérimental bien conçu de celui qui ne l'est pas. Il ou elle est incapable de voir si une expérience donnera des résultats valables ou non.
- b) L'élève est capable de dire intuitivement quand un plan expérimental est bien monté ou non. Il sait quand une expérience constitue un test juste et donnera des résultats valables mais a de la difficulté à justifier son raisonnement.
- c) L'élève est capable de dire quand un plan expérimental est bien monté ou non. Il ou elle sait quand une expérience constitue un test juste et donnera des résultats valables. Il ou elle est capable d'expliquer cette conviction.

L'élaboration d'une procédure expérimentale

- a) L'élève a besoin d'aide pour imaginer une expérience au-delà de la première étape de celle-ci. Il ou elle peut imaginer une expérience dans son ensemble, seulement dans le cas d'expériences les plus simples.
- b) L'élève peut imaginer toute une expérience dans les grandes lignes mais néglige certains aspects qu'il faudrait contrôler et mesurer.
- c) L'élève est capable d'imaginer un plan expérimental en précisant les variables qu'il faut contrôler de même que celles qu'il ou elle peut mesurer mais peut oublier des détails se rapportant à la précision de certaines mesures.

L'organisation des données

- a) L'élève a de la difficulté à organiser les résultats de son expérience et ce, même si on lui fournit des exemples de tableaux et de graphiques prévus à cette fin.
- b) L'élève est capable d'organiser les résultats de son expérience mais seulement lorsqu'on lui fournit un tableau et un graphique prévus à cette fin.
- c) L'élève note et regroupe les résultats dans des tableaux qu'il ou elle construit. Il est capable de construire des graphiques à partir des données dégagées de l'expérience.

L'interprétation des données

- a) L'élève fait peu d'efforts pour tirer des relations ou pour dégager des séquences et des structures des données obtenues de l'expérience.
- b) L'élève croit qu'il y a de l'ordre ou une structure dans la nature. Il ou elle ne prend en considération qu'une partie des données disponibles et fait des prédictions en partant de celles-ci.
- c) L'élève vérifie les conclusions pour voir si elles sont en adéquation avec les données dégagées et est capable d'apercevoir certaines tendances dans les données.

La définition opératoire

- a) L'élève est incapable de définir le procédé permettant d'identifier ou de mesurer un concept dans le cadre d'une expérience.
- b) L'élève est capable de définir le procédé permettant d'identifier ou de mesurer un concept dans le cadre d'une expérience. Il ou elle utilise cependant des termes ambigus.
- c) L'élève est capable de définir le procédé permettant d'identifier ou de mesurer un concept dans le cadre d'une expérience. Il ou elle le fait en utilisant des termes clairs qui ont une signification précise dans le cadre de l'expérience.

La création des modèles

- a) L'élève réussit difficilement à trouver une relation entre certaines données dégagées de l'expérience et ce, même lorsqu'on lui en suggère une.

- b) L'élève est capable de trouver une relation entre certaines données dégagées de l'expérience lorsqu'on lui souligne celles qui sont importantes.
- c) L'élève est capable d'explicitement une relation entre certains aspects de la nature à partir des données dégagées d'une expérience. Il ou elle est capable, dans certains cas, de présenter cette relation à l'aide de dessins et de montages.

La prédiction

- a) Les prédictions de l'élève ne se basent pas sur les résultats obtenus ni sur les relations dégagées de l'expérience mais font appel à des notions intuitives.
- b) L'élève anticipe le comportement d'objets, de phénomènes ou d'événements lorsqu'on lui montre les données ou qu'on lui indique les relations tirées d'une expérience qu'il ou elle vient de réaliser.
- c) À partir des données dégagées d'une expérience et des relations tirées de celles-ci, l'élève est capable d'indiquer comment se comportera un objet, un phénomène ou un événement dans les mêmes conditions.

La vérification

- a) L'élève tient pour vraie son idée ou l'hypothèse qu'on lui propose. Il ou elle ne sent pas le besoin d'en vérifier la justesse à l'aide d'une expérience.
- b) L'élève arrête de recueillir des données dès qu'il ou elle en découvre qui vont dans le même sens que l'hypothèse ou que sa prédiction. Il ou elle accorde peu d'importance à la justesse des données dégagées.
- c) L'élève tente d'obtenir des données au cours d'une expérience dans le but de vérifier une hypothèse, une prédiction, une inférence ou un modèle. Il ou elle se préoccupe continuellement de la justesse de ces données. Il ou elle peut même à l'occasion refaire ou imaginer une nouvelle expérience.

La communication

- a) L'élève ne prend pas de notes durant sa recherche et ses comptes rendus sont désorganisés.

- b) L'élève ne prend pas spontanément de notes, mais seulement quand on lui suggère ou fournit un cadre ou un format. Il ou elle participe efficacement aux discussions du groupe.
- c) L'élève s'exprime clairement pour décrire la démarche suivie et présenter les conclusions tirées de l'expérience. Il ou elle peut avec un peu d'aide choisir la forme la plus appropriée pour présenter ses résultats.

Évaluation des attitudes

Voici une liste de 13 attitudes qui pourraient être utiles lors de la construction de grilles d'évaluation en sciences de la nature. Chaque attitude comprend trois niveaux distincts de comportements qui vont du simple au complexe. En se référant à cette liste il serait possible de choisir deux ou trois attitudes auxquelles on souhaite porter une attention toute spéciale durant une période donnée. Il est bien entendu qu'on ne peut évaluer toutes ces attitudes en même temps. Il serait possible d'accorder la cote 1 (le niveau le plus faible) au premier niveau de comportement, 3 au deuxième niveau et 5 au troisième niveau de comportement. Cela signifie que les cotes 2 et 4 pourraient être attribuées à des élèves qui font preuve d'un comportement différent de ceux proposés. Il ne faut pas oublier que l'évaluation a une dimension d'âge et que certains des comportements décrits ne seront jamais complètement atteints à la fin du primaire.

L'initiative

- a) L'élève se limite à exécuter la tâche demandée.
- b) L'élève se limite à exécuter la tâche demandée et attend souvent l'initiative d'une autre personne avant d'aller plus loin.
- c) L'élève décide d'une procédure au lieu d'attendre les consignes. Au besoin, il ou elle répartit, coordonne et contrôle les activités à l'intérieur du groupe.

La curiosité

- a) L'élève manifeste un intérêt de courte durée pour la tâche. Il ou elle passe souvent d'une chose à l'autre, agit peu et se tient souvent en retrait.
- b) L'élève fait preuve d'étonnement ponctuel, ne regroupe que partiellement ses observations et pose des questions factuelles, anecdotiques, centrées sur ses intérêts immédiats.

- c) L'élève s'étonne devant une situation qui remet en question ou complète son savoir. Il ou elle pose des questions précises qui motivent l'intérêt du groupe et l'amène à poursuivre son investigation. L'élève note des observations sur la question ou l'hypothèse. Sa curiosité débouche sur des activités pertinentes à la solution du problème ou à la vérification de l'hypothèse.

La persévérance

- a) L'élève abandonne la tâche à la moindre difficulté.
- b) L'élève peut accomplir la tâche mais a besoin d'encouragements en cas d'échec ou à chaque fois que le groupe est en panne.
- c) L'élève persiste dans la tâche, même après un échec. Il ou elle encourage les membres de son équipe en proposant des solutions pertinentes. L'élève agit dans le but de mener l'activité à terme.

L'ouverture à la nouveauté

- a) L'élève manifeste peu d'intérêt par rapport à un problème nouveau.
- b) L'élève se questionne par rapport à une situation nouvelle. Il ou elle se réfère à ses acquisitions antérieures pour répondre à une question sans chercher à vérifier l'exactitude ni la pertinence de son explication.
- c) L'élève se questionne par rapport à une situation nouvelle. Il ou elle entame même une démarche expérimentale pour répondre à ses questions ou s'oriente vers d'autres sources d'information appropriées. La nouveauté le ou la stimule.

L'autonomie

- a) L'élève ne pense pas ou n'éprouve pas le besoin de trouver par lui-même une solution.
- b) L'élève engage une procédure de recherche seulement lorsqu'on lui indique ce qu'il ou elle doit faire et les étapes de la démarche à suivre.
- c) L'élève cherche à interpréter les données de l'observation et de l'expérimentation au lieu de se fier aux autres membres de son équipe.

Le travail bien fait

- a) L'élève investit très peu d'efforts et de temps dans la réalisation de la tâche à accomplir. Son activité en classe est parfois désordonnée et souvent interrompue. Il ou elle éprouve de la difficulté à appliquer les consignes. Ses travaux sont souvent négligés, mal organisés, malpropres ou incomplets.
- b) L'élève consacre généralement un minimum de temps et d'efforts à la réalisation de la tâche. Son action en classe se limite à ce qui est exigé de lui ou d'elle. Ses travaux correspondent généralement aux exigences demandées.
- c) L'élève s'investit toujours dans la tâche. C'est avec enthousiasme et régularité qu'il ou elle entreprend et poursuit l'activité suggérée. Ses travaux font preuve de rigueur, de clarté et de propreté. L'élève manifeste en tout temps de la motivation et une discipline personnelle.

Le questionnement

- a) L'élève accepte les choses telles qu'elles sont et ne se pose pas de questions. La procédure suggérée et les résultats dégagés lui conviennent presque toujours.
- b) L'élève manifeste de l'intérêt pour la tâche mais s'engage dans la procédure établie par le groupe sans la mettre en doute.
- c) L'élève se pose des questions et s'interroge par rapport à la procédure ainsi que par rapport à l'interprétation dégagée des données.

La coopération

- a) L'élève ne sent pas le besoin de coopérer avec ses camarades, si ce n'est que lorsqu'il ou elle demande des renseignements factuels. La communication et la coopération se limitent surtout aux échanges imposés.
- b) L'élève coopère parfois avec les autres mais sans s'intéresser à l'aspect global du projet. Il ou elle écoute les autres lorsque cela l'intéresse sans chercher à contribuer ou à poursuivre le but de l'expérience.
- c) L'élève coopère avec les autres et accepte la répartition du travail relativement au projet commun à réaliser. Il ou elle est capable de défendre son point de vue selon les règles de la communication établies à l'intérieur d'un groupe.

L'esprit critique

- a) L'élève accepte tout ce qui se présente sans remettre quoi que ce soit en question, sans soulever d'arguments. Il ou elle tient les idées acquises pour vraies.
- b) L'élève se pose des questions sur son travail et sur celui des autres. Il ou elle critique, mais parfois de façon incomplète, les résultats dégagés. Il ou elle tient compte des éléments qui infirment ses résultats et verbalise sa critique par des arguments plausibles.
- c) L'élève remet en question les idées établies lorsque les données dégagées de l'expérience vont à l'encontre de celles-ci. Il ou elle tente de s'assurer que ces données sont justes et respectent la démarche expérimentale suivie.

Le respect de l'environnement

- a) L'élève s'intéresse aux êtres vivants, aux objets et aux machines. Il ou elle ne s'intéresse pas à l'effet que les uns peuvent avoir sur les autres.
- b) L'élève dit être préoccupé par le bien-être des êtres vivants de son environnement immédiat. Il ou elle manifeste un certain intérêt pour la conservation des objets inanimés qui l'entourent.
- c) L'élève manifeste par ses gestes quotidiens le respect de son environnement. Il ou elle évite le gaspillage et pose certains gestes qui manifestent sa préoccupation du recyclage et de la conservation de l'énergie.

Le désir de comprendre

- a) L'élève a généralement un comportement passif. Il ou elle ne cherche pas à établir de liens entre les choses.
- b) L'élève tente d'établir des liens entre les données dégagées d'une investigation, mais s'arrête en cas d'échec.
- c) L'élève tenté d'établir des liens entre les données dégagées d'une investigation et de saisir le sens que les autres ont dégagé de ces mêmes données.

La participation

- a) L'élève ne participe pas à l'activité et demeure en retrait.
- b) L'élève a besoin d'encouragement et de stimulation avant de prendre part à l'activité.
- c) L'élève s'engage dans l'activité et favorise la progression de celle-ci, tout en respectant les interventions des autres.

La créativité

- a) L'élève répète ce qu'on dit autour de lui sans essayer d'établir de relations entre les données ou de trouver des explications à un phénomène nouveau.
- b) L'élève met en relation certaines données. Il ou elle procède par tâtonnement pour dégager une explication nouvelle. Il lui arrive de suggérer une idée originale.
- c) L'élève imagine des relations entre les données dégagées de l'expérience. Il ou elle propose des montages, des modèles, des regroupements de données, des explications et des hypothèses pour expliquer et justifier celles-ci.

Exemple d'une grille d'évaluation simple

Nous donnons à la figure 11.1 de la page suivante un exemple d'une grille d'évaluation simple qui peut être complétée périodiquement par un enseignant ou une enseignante. Cet instrument, bien qu'il ne se réfère pas à toutes les habiletés et à toutes les attitudes de la démarche scientifique, peut être utile à celui ou celle qui évalue pour la première fois l'apprentissage de ses élèves à l'aide d'une grille d'évaluation. En fait, il n'est pas nécessaire de noter tous les élèves à la fin d'une investigation. Il est possible, par exemple, d'évaluer un tiers des élèves à la fin de chaque séance. Ainsi, après neuf semaines, chaque élève aura été noté au moins trois fois et à la fin d'une année, il aura été noté environ douze fois. Il est aussi possible de procéder autrement pour compléter cette grille. Il suffirait, après une investigation, de noter tous les élèves de la classe mais en ne se référant cette fois qu'à une seule habileté et une seule attitude. D'une investigation à l'autre, ce seraient les caractéristiques de celle-ci qui détermineraient quelle habileté et quelle attitude devraient être notées.

FIGURE 11.1
Grille simplifiée de l'évaluation des habiletés et des attitudes
u cours d'investigations en sciences de la nature au primaire

Tableau d'appréciation de l'élève

Enseignant: _____ Classe: _____ Étape: _____

Nom :	Habiletés				Attitudes				
	Pose des questions, identifie le problème et formule des hypothèses	Observe, élabore une procédure, expérimente, mesure	Organise, compare et interprète les données	Communique, évalue les conclusions de les appliquer	Fait preuve de curiosité et d'initiative	Participe et coopère	Fait preuve de persévérance et présente un travail bien fait	Fait preuve d'auto-nomie et d'esprit critique	Fait preuve de créativité
Dans une investigation l'élève:									
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
⋮									
29.									
30.									

Ce tableau peut être rempli à l'aide des cotes ou symboles suivants : L'élève dépasse les exigences attendues (4)
 L'élève a de la difficulté à répondre aux exigences attendues (1). L'élève dépasse régulièrement les exigences attendues (5).
 L'élève ne répond que partiellement aux exigences attendues (2). Ne s'applique pas (N).
 L'élève répond aux exigences attendues (3). Impossible de se prononcer (P).

L'ÉVALUATION PRATIQUE

Lors de l'évaluation pratique, les élèves sont placés dans un contexte où ils peuvent démontrer les habiletés développées ou acquises au cours des investigations réalisées en classe. On fait appel à ce genre d'évaluation lorsque les réponses orales et écrites et les grilles d'évaluation ne suffisent plus et ne permettent pas de voir si l'élève comprend vraiment la démarche expérimentale utilisée en classe. Au cours d'une évaluation pratique, par exemple, l'élève aura à mesurer la température d'une substance tandis qu'on lui demandera, au cours d'une évaluation plus traditionnelle, d'inscrire dans une case la température d'un thermomètre dessiné sur du papier. Une évaluation pratique bien préparée peut permettre également de noter le cheminement de l'élève en action. Ainsi, l'élève peut réussir une tâche même si il ou elle a de la difficulté à lire et à écrire. L'évaluation pratique offre donc plus de chances de réussite à tous les élèves et non pas seulement à ceux et à celles qui ont déjà développé leurs habiletés en lecture et en écriture.

Ce troisième mode d'évaluation, qui porte sur l'évaluation de travaux pratiques individuels, est encore peu connu dans nos écoles. Négliger cet aspect, c'est comme si un professeur d'une langue étrangère se limitait à l'évaluation de la prononciation des mots de cette langue pour déterminer si ses élèves sont capables de parler la langue enseignée. Le test ultime de l'apprentissage d'une langue n'est-il pas de pouvoir maintenir une conversation normale dans cette langue ? Il en est de même pour les sciences de la nature. Celui ou celle qui comprend le sens des sciences de la nature doit être capable de réaliser des observations précises et de petites expériences et de dégager les conclusions à partir des données obtenues. Les recherches de Russell (1988) montrent que même s'il est possible de bien évaluer séparément, sur papier, les habiletés scientifiques, cela ne nous renseigne pas sur la capacité qu'a l'élève à réaliser une expérience scientifique. Nous suggérons donc qu'à partir de la 3^e année du primaire, 20 % de la cote d'évaluation totale proviennent de ce mode d'évaluation.

L'enseignant ou l'enseignante pourrait observer chaque élève en train de réaliser une tâche, ce qui est long et fastidieux, ou corriger les réponses de l'élève lorsque ce dernier ou cette dernière observe individuellement le déroulement d'une situation ou réalise une tâche. Au primaire, cette évaluation pratique prend de 10 à 60 minutes, selon la tâche et l'âge des élèves. Il est souhaitable que l'évaluation pratique se réalise trois ou quatre fois par année dans des conditions qui seront différentes des tests ou des examens ordinaires. Afin d'éviter le copiage, il est possible de réaliser les examens pratiques dans une salle plus grande que la classe et de placer sur le bureau de chaque élève un petit paravent découpé dans une boîte en carton. Ces paravents pourraient être utilisés par toute l'école.

Quelques exemples d'évaluations pratiques

Exemple n° 1 (pour les élèves de 3e ou de 4e année)

Aux fins de cette expérience, l'enseignant ou l'enseignante a collé une ou plusieurs divisions ou séparations en carton à l'intérieur de petites boîtes en carton ou a demandé aux élèves de placer dans des boîtes des subdivisions au cours d'une activité précédente, boîtes qu'il s'agit maintenant de distribuer au hasard (voir la figure 2.7).

Mise en situation : Tu as devant toi une petite boîte scellée contenant une bille. Essaie, en la déplaçant doucement, de trouver comment elle est subdivisée à l'intérieur. Tu peux tout faire avec cette boîte sauf l'ouvrir ou la perforer. Sur la feuille-réponse, écris tout ce que tu as pu observer en déplaçant cette boîte. Dessine sur la feuille-réponse comment, d'après toi, l'intérieur de cette boîte a été subdivisé.

Note : Cette évaluation pratique tente de déterminer si l'élève fait la différence entre une observation et une conclusion et si il ou elle est capable de tirer une conclusion (c'est-à-dire produire un dessin) de ses observations. Le tableau d'inférence de la figure 2.8 aurait pu également servir d'exemple pratique.

Exemple n° 2 (pour les élèves de 3e ou de 4e année)

Remettre à chaque élève un compte-gouttes, un morceau de papier ciré, une pièce d'un sou et deux gobelets de lait à café dont l'un est rempli d'un liquide rouge et l'autre, d'un liquide bleu. Le liquide rouge est de l'eau, le liquide bleu est de l'eau savonneuse. Donnez également à chaque élève une feuille de réponses sur laquelle sont notées la mise en situation et les questions posées. Lire aux élèves la mise en situation et les questions.

Mise en situation : On veut savoir si on peut «empiler» plus de gouttes de liquide rouge que de liquide bleu sur une petite surface de papier ciré.

- a) « Comment faire pour savoir si on peut placer plus de liquide rouge ou de liquide bleu sur une petite surface ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Je trace sur le papier ciré deux cercles à l'aide du sou noir. Je dépose à l'aide d'un compte-gouttes des gouttes du liquide rouge jusqu'à ce que l'eau déborde. Je fais la même chose avec le liquide bleu. Je compare ensuite le nombre de gouttes déposées.

- b) « Comment fais-tu pour savoir que les deux surfaces sont pareilles ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Je trace deux cercles avec le même sou noir. Les deux cercles sont donc pareils. Les deux cercles sont tracés sur une même feuille de papier ciré.

- c) « Comment sais-tu qu'on ne peut plus ajouter de liquide sur une surface ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Dès que le liquide déborde le cercle, j'arrête.

- d) « Combien de gouttes de chaque liquide peux-tu déposer sur un cercle ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

J'ai pu déposer 35 gouttes du liquide rouge et 22 gouttes du liquide bleu. Je peux donc déposer plus de liquide rouge sur cette surface que de liquide bleu.

- e) « Pourquoi peux-tu empiler plus de gouttes d'un liquide que de l'autre ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

La goutte du liquide bleu est plus plate et s'étend plus. La goutte du liquide rouge est plus ronde. On peut donc en empiler plus sur une même surface.

Exemple n° 3 (pour les élèves de 5^e ou de 6^e année)

L'exemple d'évaluation pratique qui est proposé aura plus de signification si l'élève a déjà réalisé des expériences avec des pendules (ex. : sur l'effet de la longueur de la ficelle d'un pendule, sur l'effet de la masse d'un pendule ou sur l'effet de la hauteur de chute d'un pendule).

Remettre à chaque élève une ficelle d'environ 30 cm, un gros trombone et cinq morceaux de carton mince de différentes grandeurs. Le plus grand de ces cartons pourra avoir la grandeur d'une fiche de bibliothèque. Donner à chaque élève une feuille de réponses sur laquelle sont inscrites la mise en situation et les questions posées. Lire aux élèves la mise en situation et les questions.

Démontrer aux élèves comment réaliser ce montage et montrer comment faire osciller le pendule formé d'une ficelle et d'un trombone.

Mise en situation : *On veut savoir si la grandeur de la surface d'un objet suspendu à un pendule changera le temps que prend un pendule à s'arrêter lorsqu'on le fait osciller. Pour le savoir, on peut attacher le trombone à la ficelle et glisser un ou des morceaux de carton dans le trombone avant de le faire osciller. «Comment savoir si la grandeur de la surface au bout du pendule a un effet sur la durée d'oscillation de ce pendule ? » Il est à noter que vous pouvez, durant cette expérience, découper ou plier les cartons ou utiliser un ou tous les cartons présentés.*

- a) « Que penses-tu faire pour répondre à cette question ? » « Quelle méthode penses-tu utiliser ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Je fixe un des morceaux de carton au pendule et je note le nombre d'oscillations que j'obtiens en 10 secondes. Je plie le carton en deux et je fais de même. Après quoi, je plie le carton en quatre puis en huit pour voir l'effet de la grandeur de la surface.

- b) «Comment fais-tu pour savoir si le poids des pendules est semblable ?»

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Je plie le même morceau de carton pour qu'il ait toujours le même poids.

Note : *L'élève aurait pu placer dans le trombone des morceaux de carton de poids différents car le poids de la lentille d'un pendule n'a pas d'effet sur le nombre d'oscillations que donne un pendule. Cependant, pour que la réponse soit acceptable, il aurait fallu qu'il le dise. Dans le cas contraire, cela indique qu'il n'a pas compris qu'il fallait contrôler les variables.*

- c) « Comment sais-tu que la surface d'un pendule change le nombre d'oscillations qu'il donne en 10 secondes ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Le nombre d'oscillations obtenu d'une fois à l'autre n'est jamais le même ; quand je diminue la grandeur de sa surface de carton, le nombre d'oscillations augmente.

- d) «Combien d'oscillations donne chaque essai avec une surface différente ?»

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Lorsque la surface était grande, le pendule s'est arrêté immédiatement ; quand sa surface a été diminuée de moitié, le pendule s'est arrêté après deux oscillations ; quand la surface a été encore diminuée de moitié, le pendule s'est arrêté après six oscillations. Finalement, quand le carton a de nouveau été plié ; il a oscillé vingt fois avant de s'arrêter.

Note : Il est bien entendu que ces nombres peuvent varier d'un élève à l'autre.

- e) « Quelle conclusion peux-tu tirer de ton expérience ? »

Une réponse acceptable pourrait être la suivante :

Plus la surface au bout d'un pendule est grande, plus il s'arrête rapidement ; plus la surface au bout d'un pendule est petite, plus il prend de temps avant de s'arrêter.

Voici, à titre d'exemple, d'autres questions ou problèmes qui pourraient servir lors d'une évaluation pratique :

- o Est-ce qu'un glaçon fond plus rapidement dans une petite quantité d'eau que dans une quantité deux fois plus grande ?
- o Combien d'unités d'eau (petit gobelet de lait à café) y a-t-il dans un verre ?
- o Quelle est, en centimètres, la longueur de ces trois bandes de papier ?
- o Combien de temps prend un gobelet en polystyrène, percé en son fond par un petit trou, pour se vider de son eau ? Est-ce que la grosseur du trou a de l'importance ?
- o Observe les veines d'une feuille d'un arbre et note tes observations.
- o Classifie les objets suivants (...) pour former une clé taxonomique.
- o Mets en ordre les objets suivants (...), du plus dur au plus mou.

Il est bien entendu que l'évaluation pratique exclut certaines questions relatives à la biologie qui exigent beaucoup de temps à se manifester. Il est cependant possible dans ce cas de demander aux élèves de décrire la façon dont ils ou elles procéderaient pour réaliser une expérience à cet effet.

BIBLIOGRAPHIE

Russell, T. et al. (1988). *Assessing Science in the Primary Classroom : Practical Tasks*, Londres, Paul Chapman Publishing Ltd.

Stiggins, R.J. et al. (1986). «Classroom Assessment : A Key to Effective Education », *Educational Measurement : Issues and Practice*, vol. 5 (2).

Tyler, R. (1950). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*, Chicago, University of Chicago.

CHAPITRE 12

Les contraintes relatives à l'enseignement des sciences

*Lorsque nous considérons dans son étendue et dans sa profondeur
l'importance de cette question de l'éducation
de la jeunesse d'une nation, les vies brisées, les espoirs déçus,
les faillites dans la nation qui en résultent,
l'inertie frivole que nous apportons à la solution, il est difficile
de nous contenir et de ne pas faire une colère sauvage :
la race qui ne donne pas la prime à l'intelligence entraînée
est condamnée. Ni notre héroïsme, ni notre savoir-faire mondain,
ni toutes nos astuces, ni nos victoires sur terre
ou sur mer ne peuvent faire reculer le doigt du destin.
Aujourd'hui, nous survivons. Demain la science aura avancé encore
d'un pas et il n'y aura pas d'appel au jugement
qui sera alors prononcé sur les non-éduqués.*

(Alfred North Whitehead, 1861-1947)

**Vous devriez, dans ce chapitre, trouver
réponse aux questions suivantes :**

- Quelle est la situation de l'enseignement des sciences de la nature au primaire d'après plusieurs organismes gouvernementaux et de recherche ?
- Quelles contraintes empêchent les sciences de la nature de prendre leur envol et d'occuper la place qui leur est réservée ?
- Quelles conditions doit-on mettre en place pour que l'enseignement des sciences de la nature se réalise selon une formule pédagogique préconisant la manipulation concrète ?
- Quel est le rôle de la direction d'école concernant l'amélioration de l'enseignement des sciences de la nature au primaire ?

INTRODUCTION

Les écoles du Québec ont éprouvé de nombreuses difficultés depuis vingt-cinq ans à réaliser les deux programmes successifs de sciences de la nature au primaire qui ont été proposés par le ministère de l'Éducation du Québec.

Cette constatation ne s'applique pas qu'au Québec et au Canada. La plupart des pays industrialisés vivent une situation similaire. C'est pourquoi, depuis plusieurs années, le renouvellement de l'enseignement des sciences fait l'objet d'un débat soutenu dans la plupart de ces pays. Il est de plus en plus évident que les enfants d'aujourd'hui auront besoin d'être initiés très tôt aux sciences de la nature et à la démarche scientifique. Cependant, plusieurs essais pour renouveler l'enseignement des sciences de la nature au primaire sont demeurés infructueux.

Selon le rapport de recherche intitulé «L'enseignement des sciences au Canada français» (Dussault, 1987), c'est surtout le milieu social et non l'école qui «enseigne» les sciences au primaire. Quelques données quantitatives dégagées de ce rapport permettent de situer une partie du problème.

- o 54% des enseignants et des enseignantes de 5^e année du primaire n'ont obtenu aucun crédit en sciences de la nature depuis la fin de leurs études secondaires.
- o 55 % des enseignants et des enseignantes de 5^e année ont consacré en 1985-1986 moins d'une journée à leur perfectionnement en sciences de la nature.
- o 80% de ceux et celles qui enseignent les sciences au primaire font leur enseignement sans avoir recours à du matériel concret, ce qui signifie que 80% d'entre eux préconisent un enseignement des sciences de type «crayon et papier» ou «parole et papier».

Une enquête menée par Edna Elmsiedel (1990) de l'Université de Calgary indique que les «Canadiens français» et les femmes se classent derniers au Canada lorsqu'il s'agit de l'énoncé de connaissances scientifiques.

Dans tous les pays industrialisés sont publiés périodiquement des rapports soulignant les lacunes de la formation scientifique des jeunes et les difficultés qu'ont les écoles à assurer un enseignement scientifique adéquat. Le Project 2061 (1989) de l'American Association for the Advancement of Science parle d'une «cascade d'études» qui démontrent que les écoles américaines ne réussissent pas à bien former les élèves en sciences de la nature. Dans chaque rapport, des recommandations sont

suggérées aux responsables scolaires, de nouveaux objectifs et de nouvelles visions sont proposés.

Malgré tous les objectifs proposés dans les programmes de sciences de la nature au primaire et malgré toutes les recommandations faites dans les divers rapports de recherche au cours des vingt-cinq dernières années, très peu d'enfants au Québec reçoivent un enseignement scientifique basé sur une approche expérimentale.

Les besoins des écoles eu égard à l'enseignement des sciences sont pourtant énormes. Les divers ministères de l'Éducation du Canada ont tenté par divers moyens de résoudre le problème de l'enseignement des sciences dans leurs provinces. Dans la plupart des cas, ce ne fut qu'un succès mitigé.

Les maisons d'édition ont également tenté de contribuer à la modification des habitudes du milieu. Dans certains cas, elles ont réussi à faire acheter des manuels d'initiation aux sciences de la nature. Mais l'implantation systématique de cette matière n'est pas encore une réalité dans la grande majorité des classes. La plupart des volumes achetés ne servent pas et finissent tôt ou tard sur les tablettes avec les autres documents «désuets». Dans l'état actuel du développement des sciences au primaire, le manuel scolaire, tel qu'il est conçu présentement, semble être un outil à la fois trop lourd et trop rigide pour produire les résultats souhaités.

Pourquoi a-t-on plus tendance à demander à l'élève de lire sur les sciences plutôt que de réaliser des expériences scientifiques ? En dépit du renouveau de la pédagogie qui existe depuis plusieurs décennies, pourquoi offre-t-on si peu aux enfants du primaire la possibilité de poser des questions directement à la nature et d'explorer les objets et les phénomènes concrets de leur environnement ? Les sciences expérimentales n'offrent-elles pas, d'après la recherche en pédagogie, une excellente façon de développer la pensée, la créativité, l'esprit critique et l'autonomie intellectuelle ? Les sciences de la nature, en faisant appel à la démarche scientifique, ne développent-elles pas des habiletés qui, au XXI^e siècle, deviendront des habiletés de première urgence ?

Nous présenterons dans ce chapitre de brefs extraits de deux rapports, à savoir celui du Conseil des sciences du Canada et l'Avis au ministre de l'Éducation préparé par le Conseil supérieur de l'éducation. Ces deux rapports ne sont que quelques indices de la gravité du problème.

L'ÉTAT DE LA QUESTION

Rapport du Conseil des sciences

Le Conseil des sciences du Canada (1984) conclut, au terme d'une étude qualitative de quatre ans réalisée auprès de 6 864 enseignants et enseignantes en sciences au Canada, que : 1) ((les écoles primaires canadiennes offrent rarement de bons cours de sciences quand elles en offrent » ; 2) « les enseignants ne consacrent pas le temps requis à l'enseignement des sciences au primaire » ; 3) « quatre classes sur cinq ne possèdent ni le matériel le plus simple, ni les installations nécessaires à un enseignement des sciences qui se ferait selon l'esprit des programmes ». La conclusion de ce rapport est la suivante : « dans un monde de plus en plus complexe, en évolution de plus en plus rapide, il faut que nos écoliers reçoivent une formation scientifique meilleure et plus large, une formation qui les préparera vraiment aux défis de l'avenir. C'est pourquoi il est impératif de renouveler l'enseignement des sciences dans nos écoles primaires et secondaires ».

Le rapport du Conseil des sciences du Canada précise qu'il existe un large fossé entre les objectifs de l'enseignement des sciences et leur réalisation. De plus, le rapport énumère quelques raisons pour expliquer le grand écart entre les objectifs de l'enseignement des sciences au Canada et leur réalisation :

- o Les objectifs proposés sont souvent formulés sans ordre de priorité.
- o On ne met pas suffisamment l'âge, l'année scolaire et le développement de l'élève en relation avec ce qu'on souhaite lui faire apprendre (la démarche scientifique, concepts et lois des sciences).
- o Le système de perfectionnement des enseignants n'est pas efficace.
- o Le système scolaire valorise peu les sciences au primaire.

Voici quelques données dégagées du rapport du Conseil des sciences du Canada, relatives aux caractéristiques des enseignants.

- o Seulement 25 % d'entre eux ont suivi des cours de sciences à l'université (après la première année de cégep au Québec).
- o Parmi les enseignants et les enseignantes qui enseignent les sciences de la nature au primaire, 25 % souhaiteraient ne pas avoir à enseigner cette matière.

Toujours selon ce rapport, le Conseil est d'avis que c'est au primaire que le travail de renouvellement de l'enseignement des sciences devrait commencer. Souvent, on n'y consacre pas le temps requis par les ministères de l'Éducation du Canada. Dans certaines écoles, l'équipe de recherche du Conseil a constaté que les cours de sciences étaient même supprimés, faute de temps et de moyens. Au cours de l'étude, l'équipe de recherche a aussi relevé de nombreux exemples de dynamisme, d'innovation et de succès, tant dans l'enseignement que dans l'élaboration de programmes d'études ou de la formation des enseignants. Ces acquis assurent les fondements du renouveau de l'enseignement des sciences.

Le Conseil des sciences souhaite donc que les parents exigent que les écoles primaires consacrent 10% de la journée scolaire à l'enseignement des sciences et ce, en conformité avec les directives des ministères de l'Éducation¹.

De nombreux enseignants du primaire se disent moins à l'aise pour enseigner les sciences que pour enseigner les autres matières. Selon le sondage réalisé par le Conseil des sciences auprès des enseignants et enseignantes, ce manque de confiance s'explique par le manque de formation des enseignants en sciences.

Dans son rapport, le Conseil des sciences du Canada propose 47 recommandations stratégiques. En voici quelques-unes :

- o évaluer les élèves en fonction de tous les objectifs de la formation scientifique ;
- o susciter dans les écoles des discussions relatives à l'amélioration de l'enseignement des sciences ;
- o encourager la direction des écoles à assurer le leadership du renouvellement des sciences ;
- o donner l'occasion de partager les initiatives et l'expérience acquises en diffusant les exemples d'enseignement des sciences de grande qualité ;
- o assurer une formation supplémentaire à ceux et celles qui enseignent les sciences sans préparation ;
- o élaborer de nouveaux modèles de formation permanente des maîtres ;
- o équiper les écoles de ressources didactiques adéquates.

1. Il est à noter qu'il s'agit d'une moyenne nationale. Le régime pédagogique du Québec suggère 1 heure par semaine au premier cycle du primaire et 1,5 heure par semaine au deuxième cycle du primaire. Cela ne donne en moyenne que 5 % du temps scolaire ou la moitié de la moyenne nationale souhaitée.

Avis du Conseil supérieur de l'éducation

Le ministère de l'Éducation du Québec, conscient des difficultés d'implantation du programme de sciences de la nature, a confié en 1988 à la Commission de l'enseignement primaire du Conseil supérieur de l'éducation un mandat visant, entre autres, à «proposer des orientations et des voies d'action qui permettent une initiation aux sciences de la nature favorisant le développement de la pensée chez les jeunes du primaire ». La réponse à ce mandat s'intitule « L'initiation aux sciences de la nature chez les enfants du primaire» (1990).

Le Conseil supérieur de l'éducation constate que les sciences de la nature sont en général considérées comme une matière secondaire par rapport aux matières de base (français et mathématique). De plus, en raison de la formation inadéquate des enseignants, la démarche scientifique n'est pas toujours respectée ni le temps qui devrait être alloué à l'enseignement des sciences de la nature.

Le Conseil supérieur de l'éducation propose quelques voies d'action susceptibles de relancer, de façon modeste mais dynamique, l'éducation scientifique des jeunes dans notre société. Les recommandations portent sur les visées du programme, le temps à l'horaire, la présence et le renouvellement du matériel approprié, la formation et la compétence ainsi que sur la priorité de l'éducation scientifique.

Les visées du programme

Il est souvent difficile pour un enseignant ou une enseignante de comprendre les visées concrètes du programme de sciences de la nature au primaire.

Le Conseil recommande que ce programme :

- o traduise les principaux objectifs des sciences de la nature dans une formulation à la fois simple et claire ;
- o fasse ressortir la nature et l'importance de la démarche scientifique, de façon à privilégier un apprentissage actif plutôt qu'un savoir livresque ;
- o conserve la perspective d'ouverture sur la société et la technologie.

Le temps à l'horaire

Le Conseil constate que le temps minimal suggéré pour l'enseignement des sciences de la nature n'est pas utilisé. Le fait que les sciences de la nature ne soient pas une matière soumise à des épreuves ministérielles ou

locales incite souvent les enseignants et les enseignantes à utiliser ce temps au profit des matières dites «principales» qui, elles, sont soumises à des épreuves ministérielles.

- Le Conseil recommande que les écoles accordent à l'enseignement des sciences de la nature le temps prévu par le régime pédagogique.

La présence et le renouvellement du matériel approprié

Le matériel indispensable à l'investigation est absent. C'est donc dire qu'on accepte que l'enseignant ou l'enseignante des sciences transmette un contenu livresque où il ou elle parle des sciences, ce qui ne correspond aucunement aux visées du programme. Le matériel doit être mis à la disposition de l'élève pour l'aider à réaliser de petites recherches ou pour satisfaire sa curiosité naturelle.

- Le Conseil recommande que les écoles soient dotées d'un matériel d'exploration et de manipulation suffisant et adéquat.

La formation et la compétence du personnel

La formation des enseignants et des enseignantes est déficiente en ce qui a trait aux sciences de la nature. Cette matière n'a jamais été valorisée, ni considérée comme une dimension importante de la formation générale de tout bon enseignant.

- Le Conseil recommande au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science de fixer, avec la collaboration des collèges et des universités, les exigences relatives à la formation des futurs enseignants et enseignantes en ce qui a trait aux acquis nécessaires en sciences.

Les commissions scolaires et le ministère de l'Éducation peuvent aussi contribuer à aider les enseignants en exercice.

- Le Conseil recommande que les commissions scolaires favorisent et mettent en oeuvre diverses initiatives pour assurer le développement de la culture scientifique personnelle des enseignants et des enseignantes.

L'éducation scientifique : une priorité institutionnelle

Le succès de la relance des sciences dépend de la conviction, du soutien de l'institution scolaire et du climat créé par celle-ci. Cette relance doit devenir pour tous une priorité. Les écoles doivent considérer les sciences

comme des objectifs importants de leur établissement et ainsi ancrer cette préoccupation au cœur même du développement intégral de l'enfant.

- Le Conseil conclut que l'initiation aux sciences de la nature répond au besoin de développement des enfants. Au-delà de la nécessité de combler leur soif de connaissance, c'est la formation même de leur pensée qui est ici en cause.

La formulation complexe des objectifs du programme, la mauvaise utilisation du temps à l'horaire, le manque de matériel, la formation inadéquate des maîtres, le peu d'importance que les commissions scolaires accordent aux sciences et la mauvaise exploitation des autres lieux éducatifs sont les points sur lesquels il faut travailler. Il est temps d'adopter rapidement des mesures de redressement visant à revitaliser l'initiation aux sciences de la nature à l'école. Il en va de la qualité de l'éducation de nos enfants.

Autres recherches

Goodlad (1983), après avoir visité plus de 1 000 classes, conclut que la formule pédagogique la plus fréquente est l'exposé de l'enseignant ou de l'enseignante avec peu ou pas d'interaction entre les élèves, d'apprentissage en petits groupes ou d'essais de nouvelles façons d'enseigner. Il y a selon lui une grande similitude entre toutes les écoles visitées : presque toutes insistent sur le rappel de faits et de consignes à suivre. Ce qui prédomine, c'est l'enseignant ou l'enseignante qui s'adresse à toute la classe ou qui interroge les élèves à tour de rôle. Les exposés sont souvent suivis d'un travail individuel que l'élève fait à son bureau. Les élèves écoutent et regardent l'enseignant ou l'enseignante durant le temps de classe. Il s'ensuit que l'évaluation des apprentissages porte surtout sur le rappel de faits et de certaines méthodes simples et très peu sur la compréhension, l'analyse, la synthèse et l'auto-évaluation des connaissances. D'autres recherches montrent que l'évaluation des apprentissages porte souvent sur le travail ou la tâche accomplis et rarement sur la précision ou la valeur de ce travail.

Weiss (1978, 1987) a observé que la plupart des enseignants et des enseignantes se sentent mal à l'aise et incompetents lorsqu'il s'agit d'enseigner les sciences de la nature au primaire, et tout indique que la situation n'a pas changé. De plus, les universités n'ont pas réussi jusqu'ici à décerner des diplômes à beaucoup d'étudiants qui manifestent un grand enthousiasme pour l'enseignement des sciences de la nature au primaire.

LES CONTRAINTES

Comment faire pour que toutes les recommandations proposées dans ces rapports et suggérées par les recherches soient réalisées ? Quoi faire pour corriger les faiblesses des écoles en cette matière ? Quelles sont les conditions favorables à l'apprentissage des sciences au primaire ?

À notre avis, aucune des raisons suggérées, prises isolément, ne peut expliquer la situation qui prévaut actuellement. Pour apporter des changements significatifs et durables, il faudrait modifier la nature des systèmes d'action des différents intervenants en présence (parents, administration scolaire, directeurs d'école, enseignants et élèves). La réforme souhaitée par plusieurs ne peut reposer sur les épaules d'un seul groupe de personnes : les enseignants et les enseignantes. Tous les intervenants doivent être tenus responsables des changements importants à effectuer, sinon toute réforme sera impossible. Il faut trouver des solutions nouvelles qui vont à la racine du problème et non se contenter, comme on le fait souvent, de modifier les apparences. Par exemple, si les enseignants et les enseignantes ne se sentent pas à l'aise en enseignant les sciences au primaire et qu'ils ne consacrent pas le temps prévu à l'enseignement de cette matière, ce n'est pas en augmentant bureaucratiquement le nombre d'heures d'enseignement des sciences qu'on réglera le problème. C'est pourtant ce genre de solution qu'on propose souvent.

Certaines recherches montrent que ce sont les premières années d'enseignement qui sont les plus difficiles. C'est alors qu'on voit souvent apparaître une opposition entre les convictions profondes de l'enseignant ou l'enseignante et les contraintes que lui impose le milieu scolaire, voire les contraintes qu'il ou elle s'impose ; contraintes qui peuvent être réelles ou perçues.

Chez le jeune enseignant ou la jeune enseignante, on constate dès le départ un conflit entre la culture universitaire et la culture institutionnelle de l'école dans laquelle il ou elle choisit d'enseigner. La culture universitaire propose surtout des modèles théoriques et prépare à réaliser ce qui serait souhaitable. La culture scolaire, par contre, l'avertit dès le départ qu'il ou elle doit s'acquitter de ses nombreuses obligations et responsabilités et qu'il ou elle doit s'habituer à faire face à une multitude de contraintes qui tôt ou tard finiront par se manifester. La culture scolaire lui dit implicitement qu'il est temps d'oublier cette théorie inutile pour se concentrer sur une pratique qu'impose la réalité. En d'autres mots, l'école l'invite à se concentrer sur le faisable, alors que l'université lui a surtout donné une formation pour réaliser le souhaitable.

Les enseignants et les enseignantes, et plus particulièrement les jeunes diplômés des universités, font toujours face à de nombreuses

contraintes. Comment ces enseignants réagissent-ils à ces contraintes ? Comment ces contraintes peuvent-elles affecter leur comportement ? Comment arrivent-ils à les surmonter ? Lacey (1977) a étudié ce phénomène et propose un modèle qui cherche à expliquer le comportement de celui ou celle qui fait face à des contraintes nouvelles. Premièrement, l'enseignant ou l'enseignante peut s'adapter aux contraintes imposées et en arriver à se convaincre que cette adaptation correspond à une bonne solution ou à ce qu'il fallait faire. Cette voie conduit inévitablement au statu quo. C'est sans doute ce qui s'est produit en sciences de la nature au primaire au cours des vingt-cinq dernières années. Deuxièmement, l'enseignant ou l'enseignante peut se conformer stratégiquement à ces contraintes tout en ayant des réserves quant à la validité de ce qu'on lui impose. Cela pourra à la longue conduire à des changements mineurs. Finalement, l'enseignant ou l'enseignante peut redéfinir la situation scolaire pour l'adapter à ses besoins, à ses valeurs ou à sa vision des choses. Dans ce cas, il s'agira de négocier et d'interpréter les normes de l'école pour les faire évoluer et les rendre conformes aux recommandations proposées par les différents rapports de recherche.

Celui ou celle qui commence à enseigner est continuellement à la recherche d'un équilibre entre la théorie et la pratique ; c'est-à-dire entre le souhaitable et le faisable. Il ou elle cherche et trouve au cours de ses premières années d'enseignement un *modus vivendi*, c'est-à-dire qu'il ou elle parvient malgré tout à s'accommoder des diverses tendances, des compromis et des contradictions qui s'imposent à lui. C'est une réalité qui guette tout nouvel enseignant. D'autres problèmes ou difficultés guettent le jeune enseignant ou l'enseignante en exercice qui cherche à innover. Nous avons subdivisé ces contraintes en trois grandes catégories : les contraintes en classe, les contraintes institutionnelles et les contraintes personnelles.

Contraintes en classe

Souvent, il n'y a pas de matériel concret dans les écoles ni d'argent pour en acheter. Le temps que les enseignants ou les enseignantes en exercice réservent aux sciences est minime et celles-ci sont souvent enseignées en fin de journée ou vers la fin de la semaine, c'est-à-dire quand les élèves sont fatigués ou moins bien disposés à apprendre. Toutes les raisons sont alors bonnes pour éviter d'enseigner cette matière : un congé durant la semaine, un horaire perturbé par un événement quelconque. De plus, l'espace en classe est limité. Les classes sont souvent trop petites et il y a rarement un local de sciences dans l'école. Il manque bien entendu d'espace de rangement pour le matériel didactique. De plus, les parents sont rarement intéressés aux sciences. La plupart ne savent même pas si

celles-ci sont à l'horaire de l'école. La direction d'école n'est généralement pas attentive aux besoins des sciences de la nature au primaire. Voilà la situation qui prévaut dans beaucoup d'écoles primaires.

La pédagogie basée sur l'expérimentation de l'élève exige un matériel pédagogique qui soit adapté non seulement aux enfants mais aussi aux enseignants et aux enseignantes ainsi qu'au milieu scolaire dans lequel ils enseignent. La très grande majorité des écoles n'ayant pas un local qu'elles peuvent facilement transformer en classe de sciences, l'investigation de l'élève doit se réaliser dans la classe régulière. Le matériel pédagogique ou didactique est de deux ordres. Il y a d'abord le matériel écrit ou descriptif qui propose, par exemple, des expériences à réaliser. Il y a aussi le matériel de laboratoire dans le cas d'un enseignement des sciences basé sur l'investigation de l'élève. Cela nécessite l'achat, la cueillette, le remisage et le remplacement du matériel utilisé. Il s'agit en fait d'une tâche dont l'importance n'est pas négligeable, tâche qui vient s'ajouter à celles existantes. Cela explique en partie l'absence, dans nos écoles primaires, d'un enseignement des sciences basé sur l'investigation de l'élève.

La plupart des enseignants et des enseignantes disent manquer de temps pour enseigner les sciences même si le régime pédagogique prévoit 1 heure par semaine au premier cycle et 1,5 heure au deuxième cycle du primaire. La plupart de ceux et celles qui acceptent de relever le défi que propose le programme du ministère de l'Éducation le font avec un livre, car les questions sont moins nombreuses et l'apprentissage requiert moins de temps et moins de préparation.

Un enseignement basé sur l'investigation de l'élève nécessite une remise en question des méthodes traditionnelles d'enseignement des sciences de la nature. Il faut remplacer des méthodes dites de « parole et papier » et « crayon et papier » par une méthode permettant l'investigation de l'élève. Toutefois, beaucoup d'enseignants, même les plus dynamiques et les mieux intentionnés, hésitent à abandonner ces méthodes en raison de la sécurité qu'offrent le manuel scolaire et le cahier d'activités.

La culture institutionnelle d'une école définit, pour le nouvel enseignant ou la nouvelle enseignante, comment il faut voir les choses et ce qui est permis de faire à l'intérieur de ses murs. Elle devient donc une contrainte supplémentaire. Par exemple, l'apprentissage coopératif où les élèves apprennent en petits groupes est souvent mal vu par les enseignants en place. Par ailleurs, le volume de sciences, plus particulièrement le cahier de sciences de l'élève, quand il y en a, devient aussi une contrainte pour celui ou celle qui commence dans l'enseignement. La direction de l'école lui demande de se servir de ces cahiers même si il ou elle les croit inutiles, car les parents ont dû les acheter parce qu'ils

n'étaient pas fournis par l'école. Une non-utilisation de ces cahiers déplairait très certainement aux parents qui ne tarderaient pas à critiquer l'école.

Les sciences de la nature, surtout si leur enseignement est basé sur l'investigation de l'élève et le travail d'équipes, sont peut-être la matière qui permettra d'apporter le plus de changements à la culture institutionnelle de l'école. Comme l'indique la recherche, la culture pédagogique de l'école préconise surtout la transmission de connaissances à la fois correctes, achevées et bien structurées. Ainsi, elle n'encourage pas un enseignement où l'enseignant ou l'enseignante agit à titre de guide qui facilite l'apprentissage et qui pose continuellement des questions à ses élèves.

Il peut aussi y avoir des conflits entre la philosophie de l'éducation du nouvel enseignant ou de la nouvelle enseignante, celle de la direction et celle de la majorité des enseignants de l'école. Ce conflit n'est généralement pas le résultat des visites de superviseurs ou de la direction de l'école en classe. Car il y a une tradition non écrite qui permet à tout enseignant de fonctionner comme il l'entend dans sa classe, sans intervention de l'extérieur. Ainsi, il est rare que le personnel de l'école ou de la commission scolaire ait envie d'intervenir ou d'observer directement ce qui se passe en classe. Le métier d'enseignant est donc, à cet égard, complètement différent de plusieurs autres métiers ou professions où les néophytes sont progressivement initiés à leur occupation. Dans l'enseignement, celui ou celle qui débute reçoit peu de conseils. Souvent, on ne fait que lui transmettre son horaire et lui indiquer la classe dont il ou elle aura la responsabilité durant l'année. Toute information supplémentaire nécessaire à un bon enseignement devra être apprise sur le tas ou en questionnant les autres enseignants de l'école. C'est alors que le nouvel enseignant ou la nouvelle enseignante vient en contact avec la culture institutionnelle de l'école, qui est souvent très conservatrice. En attendant, ce sont les enfants qui souffrent d'être mal formés et c'est le système qui ne produit pas les effets souhaités.

Celui ou celle qui commence dans l'enseignement croit qu'il ou elle aura de l'aide de ses collègues et qu'ils formeront équipe. C'est rarement le cas. Il ou elle devient souvent le petit nouveau ou la petite nouvelle dans un vieux système. Les enseignants en place ne l'accepteront pas complètement avant de connaître ses couleurs. Peu, à vrai dire, lui offriront de l'aide. On lui fournira cependant un matériel pédagogique qu'il ou elle n'aura pas choisi et qu'il ou elle ne comprendra pas complètement. Il ou elle doit donc enseigner en même temps qu'il ou elle apprend. Il s'agit de passer du statut d'étudiant à celui d'enseignant à temps plein qui devra, du jour au lendemain, devenir compétent dans toutes les matières. Les exigences sont tellement grandes qu'il n'y a souvent pas d'autres solutions que de se baser sur les volumes en place. On lui apprend

ainsi à faire des compromis, un de ceux-ci étant souvent de faire «sauter» les sciences de la nature. Pourquoi enseigner cette matière si d'autres qui ont beaucoup plus d'expérience ne le font pas ou le font mal ? Pourquoi opter pour une approche constructiviste alors que ses collègues plus expérimentés enseignent les sciences selon une méthode dite de «crayon et papier » ou de «parole et papier» ? Devant autant de difficultés, ne vaut-il pas mieux développer des stratégies qui lui permettront de mieux survivre ?

Contraintes institutionnelles

À la suite des résultats de nombreuses recherches en sciences de la nature au primaire, la plupart des pays industrialisés ont adopté des programmes de sciences de la nature au primaire qui préconisent la manipulation concrète de l'élève. Pourtant, au Québec, les commissions scolaires continuent d'acheter des manuels qui préconisent l'apprentissage des sciences par des méthodes dite de « crayon et papier ». Le ministère de l'Éducation du Québec approuve des manuels qui, de toute évidence, vont à l'encontre de certains objectifs fondamentaux du programme qu'il a lui-même proposé. Ce phénomène, soit dit en passant, n'est pas exclusif au Québec. On le retrouve au Canada anglais et aux États-unis. À ce sujet, les études de Gega (1980), de même que celles de Manning (1982), montrent que les manuels de sciences constituent de loin la source première d'apprentissage dans les écoles américaines. Stayer et Bay (1987), après avoir analysé 11 collections de manuels scolaires américains, collections qui constituent 90% du marché en sciences au primaire, concluent que ces manuels jouent un rôle majeur eu égard à l'enseignement des sciences. Leur analyse montre que ces manuels proposent très peu d'investigations scientifiques aux élèves. Ce phénomène a aussi été constaté au secondaire où les formules pédagogiques d'expérimentation proposées par le Physical Science Study Committee (PSSC), le Chemical Education Material Study (CHEM Study) et le Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) durant les années soixante ont progressivement été délaissées par les écoles qui les avaient adoptées quelques années auparavant avec beaucoup d'enthousiasme. Il est à noter que ces trois « programmes » ont été traduits en français.

Le Québec n'a pas fait beaucoup de progrès dans le domaine de l'enseignement des sciences de la nature au primaire depuis l'adoption, en 1970, du premier programme en cette matière. On n'a qu'à lire les rapports du Conseil des sciences du Canada (1984), dont nous avons présenté quelques données et recommandations au début de ce chapitre, pour constater l'ampleur du problème à l'échelle canadienne. Différentes raisons peuvent être fournies pour expliquer cette situation. La première est d'ordre bureaucratique, c'est-à-dire qu'il est plus facile d'acheter des

manuels que de développer des approches pédagogiques exigeant l'investigation par les élèves, approches qui impliqueraient non seulement l'achat, mais la gestion d'un matériel élaboré ainsi que le recyclage des enseignants. Beaucoup préféreraient, par ailleurs, demeurer ou retourner aux pratiques bien établies et sécurisantes plutôt que de se lancer dans des innovations. Enfin, une deuxième raison est le manque de préparation du personnel enseignant, de l'administration scolaire et des directions d'école, tous concernés par les changements introduits.

Les sciences de la nature sont très difficiles à enseigner au primaire, car la préparation des enseignants et des enseignantes est souvent inadéquate (Manning, 1982). De plus, plusieurs, même parmi ceux et celles qui croient avoir reçu une bonne préparation, se sentent mal à l'aise d'enseigner cette matière, car ils ne comprennent pas très bien les objectifs du programme et ne savent pas quelle formule pédagogique employer. Beaucoup croient qu'il faut maîtriser un vocabulaire ésotérique, faire des calculs compliqués, savoir utiliser des appareils coûteux et posséder des savoirs très étendus pour enseigner les sciences de la nature. Il en résulte que beaucoup refusent d'enseigner les sciences de la nature au primaire ou font en sorte que leur enseignement se résume à faire apprendre par coeur des savoirs factuels qui souvent n'ont aucune signification pour l'élève.

Par ailleurs, on le sait, le rôle de directeur ou de directrice est crucial pour le bon fonctionnement de l'école en général et de l'enseignement des sciences en particulier. Bien que ce ne soit pas toujours le cas, les directions d'école primaire affichent souvent peu de dynamisme et de clairvoyance lorsqu'il s'agit de l'implantation du programme de sciences de la nature au primaire dans leur école. Par son comportement et ses décisions, le directeur ou la directrice d'école représente souvent une contrainte institutionnelle importante.

Le directeur ou la directrice d'école doit faire en sorte que les enfants qui fréquentent l'école reçoivent la meilleure formation possible compte tenu des ressources disponibles. Il ou elle doit comprendre le fait que la formation scientifique est maintenant un élément fondamental de la formation générale de l'élève, surtout lorsqu'on sait que les élèves vivront dans une société de plus en plus scientifique et technologique.

Plus souvent qu'autrement, les sciences de la nature ont une importance mineure dans le curriculum de l'école primaire. Le programme offert par l'école est trop souvent de beaucoup inférieur aux exigences du programme officiel prescrit par le ministère de l'Éducation. Tous les intervenants (parents, enseignants, direction d'école et administration) semblent s'en accommoder. Personne ne semble étonné de la situation qui prévaut.

Certains directeurs et directrices souhaitent s'engager davantage pour améliorer l'enseignement des sciences dans leur école mais beaucoup ne savent pas comment faire, ni par où commencer. Nous devons donc chercher à outiller la direction des écoles pour qu'elle puisse améliorer ses pratiques éducatives dans l'enseignement des sciences de la nature au primaire. Il est impératif que la direction apprenne à mieux jouer son rôle. Il est cependant important de noter que la compétence scientifique n'est pas nécessairement un de ces rôles.

Les éléments qu'on retrouve ci-dessous s'inspirent largement d'un document publié en 1982 par la National Science Teachers Association qui cherche à favoriser l'engagement du directeur ou de la directrice d'école dans le dossier de l'enseignement des sciences de la nature au primaire. Cette association conclut que le rôle des directions d'école est multiple en ce qui concerne les sciences de la nature au primaire.

Le directeur ou la directrice d'école

- a) Il ou elle doit faire preuve de leadership en cette matière. Ce leadership se manifeste quand :
 - il ou elle discute de l'enseignement des sciences de la nature avec les enseignants sous sa direction ;
 - il ou elle visite les classes pendant qu'on y enseigne les sciences ;
 - il ou elle partage avec l'ensemble du corps enseignant les succès de quelques-uns d'entre eux ;
 - il ou elle participe à l'organisation et la mise sur pied d'activités de sciences dans son école ;
 - il ou elle facilite l'achat de matériel didactique pour la réalisation d'expériences de sciences ;
 - il ou elle insiste pour qu'on enseigne les sciences en respectant le temps prévu au régime pédagogique ;
 - il ou elle invite des spécialistes de l'université pour l'aider à former les enseignants en exercice.
- b) Il ou elle doit se familiariser avec le programme de sciences de la nature en vigueur. Il lui faut donc connaître les principaux objectifs, les formules pédagogiques préconisées et les modes d'évaluation suggérés. Il ou elle peut en apprendre beaucoup sur le programme de sciences de la nature au primaire :
 - en vérifiant les règlements du ministère de l'Éducation sur cette discipline ;

- en supervisant les activités des enseignants sous sa direction ;
 - en questionnant les enfants pour connaître leur intérêt pour les activités scientifiques de l'école ;
 - en s'assurant que l'inventaire du matériel didactique nécessaire à l'enseignement des sciences de la nature soit continuellement mis à jour.
- c) Il ou elle doit aussi jouer un rôle majeur dans la sélection ou le développement du matériel pédagogique de l'école. Il ou elle devient alors un catalyseur et un soutien au processus de changement :
- en formant un comité d'école pour l'aider dans sa tâche ;
 - en confiant à ce comité des tâches qu'il devra réaliser dans un délai raisonnable mais précis ;
 - en proposant quelques suggestions pour permettre aux membres du comité de choisir ;
 - en insistant pour que les membres du comité formulent des objectifs qui indiquent les priorités en cette matière et élaborent des critères de sélection des documents pédagogiques et du matériel didactique ;
 - en s'assurant que les enseignants qui auront à enseigner cette matière s'engagent activement dans les choix effectués.
- d) Il ou elle doit prendre des mesures pour obtenir les fonds nécessaires à l'achat du matériel didactique et au perfectionnement des enseignants de son école. Il ou elle peut s'assurer que ces fonds seront disponibles :
- en prévoyant l'achat et le remplacement de matériel pédagogique et didactique ;
 - en mettant à la disposition du personnel de l'école une petite caisse leur permettant d'acheter du matériel didactique dans les épiceries, les pharmacies et les quincailleries ;
 - en prévoyant la participation d'au moins un enseignant de l'école au congrès de sciences de la nature et en lui demandant de faire rapport à son retour ;
 - en prévoyant les coûts du recyclage des maîtres en sciences de la nature.
- e) Il ou elle peut devenir un agent de changement dans son école :
- en participant à la préparation d'activités qui vont donner un souffle nouveau à l'implantation du programme de sciences de son école ;

- en s'assurant que les enseignants recevront une formation adéquate quand un nouveau programme de sciences sera adopté dans son école ;
 - en participant aux activités du recyclage.
- f) Il ou elle peut évaluer la performance de son école par rapport à l'enseignement des sciences de la nature au primaire :
- en s'assurant que l'enseignement des sciences de son école soit revu périodiquement ;
 - en suivant de près les initiatives et les réalisations du personnel enseignant de son école ;
 - en étant continuellement au courant des attitudes des élèves envers les sciences de la nature.
- g) Il ou elle doit devenir une personne qui s'engage constamment :
- en insistant, auprès des enseignants et des parents, sur l'importance des sciences de la nature et sur l'obligation d'enseigner et d'encourager l'apprentissage de cette matière ;
 - en s'assurant que les élèves auront l'occasion de réaliser en classe des investigations en sciences de la nature ;
 - en s'assurant lors de la période de probation des nouveaux enseignants que ceux-ci accorderont aux sciences de la nature la place qui leur revient ;
 - en informant les enseignants que les élèves qui expérimentent en classe font parfois du bruit et qu'un niveau raisonnable de bruit est acceptable ;
 - en permettant aux enseignants des sorties ou des excursions dans le cadre des sciences de la nature ;
 - en participant à l'adoption d'un système d'évaluation des apprentissages adapté à la philosophie du programme de sciences de la nature au primaire.

En outre, il existe plusieurs autres recherches qui indiquent comment les directions d'école peuvent contribuer à la promotion de l'enseignement des sciences de la nature dans leur école et ainsi éviter d'être une contrainte. En voici quelques-unes :

- Shoemaker *et al.* (1981) ont résumé 10 recherches se rapportant à l'efficacité de l'école. Toutes ces recherches soulignent l'effet positif des directions d'école sur la qualité de la formation des élèves. Les directeurs qui réussissent le mieux sont ceux qui sont engagés dans le fonctionnement quotidien de l'école. Ce sont ceux et celles qui dirigent vraiment.

- En ce qui a trait à l'implantation de programmes scolaires, Brickell (1964) résume sa recherche de la façon suivante. Les directions d'école peuvent faire la promotion du changement ou l'empêcher. Elles ne peuvent cependant pas se tenir passivement sur les lignes de côté. Dans une école, seulement le directeur ou la directrice a l'autorité morale pour favoriser la prise de décisions.
- Les recherches de Archer (1980) montrent que les enseignants laissés à eux-mêmes ne peuvent apporter de changements profonds en ce qui a trait à l'enseignement des sciences de la nature sans l'aide constante de l'administration et plus particulièrement de la direction de l'école.
- Les recherches de Carlson (1965) et de Havelock (1967) ont montré que la direction d'école peut jouer un rôle important en ce qui a trait au changement des modes d'enseignement des enseignants de son école.
- Orlich (1975) a montré que l'efficacité de l'implantation d'une formule pédagogique dans une école est favorisée par la participation de la direction d'école au recyclage des enseignants et des enseignantes.

Contraintes personnelles

Il arrive souvent que le jeune enseignant ou la jeune enseignante ait des doutes sur ce qu'il faut faire. Il ou elle croit, d'une part, qu'il faut permettre à l'élève de créer et, d'autre part, qu'il faut bien l'encadrer et lui fournir une structure lui permettant de bien apprendre. Il ou elle se demande constamment s'il faut surtout enculturer l'élève, c'est-à-dire lui présenter les aspects les plus importants de la culture scientifique à laquelle il ou elle appartient ou l'émanciper, c'est-à-dire favoriser le développement d'une autonomie intellectuelle ou d'une pensée critique.

Il arrive parfois que l'enseignement d'un jeune enseignant ou d'une jeune enseignante soit en contradiction avec ses convictions. Il ou elle réagit parfois pour faire taire les critiques ou pour se conformer à la culture institutionnelle de l'école. Au début, il ou elle se concentre sur ce qui est faisable et en oublie parfois le souhaitable. Souvent, ce sont les élèves qui peuvent lui suggérer indirectement une formule pédagogique plus conservatrice en demandant continuellement ce qu'il faut apprendre ou retenir. Les élèves qui ont été habitués à apprendre seulement pour l'examen ont souvent ce comportement. Les attitudes des élèves et des parents envers le bulletin scolaire peuvent aussi être une contrainte. Souvent, les élèves veulent savoir comment une tâche réalisée en classe

influencera leurs notes sur le bulletin. Ainsi, ils ou elles apprennent très tôt à négocier avec l'enseignant. Est-ce que ceci va compter ? Souvent, ce qui ne compte pas pour le bulletin est perçu par les élèves comme ayant moins d'importance. Ainsi, l'enseignant ou l'enseignante qui croit plus ou moins à l'approche constructiviste se laissera facilement convaincre qu'il faut donner aux élèves ce qu'ils demandent. Ce qui fait que parfois les élèves ne veulent pas apprendre ce que l'enseignant ou l'enseignante croit important d'apprendre. Aussi, certains élèves ne veulent pas former équipe avec certains autres parce qu'ils croient que cette association avec un élève moins performant les empêchera d'apprendre ou aura un effet sur leurs résultats scolaires. Seuls les enseignants convaincus auront la volonté de persévérer. Manning (1982), dans une étude portant sur 191 enseignants ou enseignantes du primaire, a montré que les attitudes des maîtres envers les sciences de la nature, leur confiance à enseigner cette matière et le temps qu'ils consacrent à son enseignement dépendaient de leur formation antérieure en sciences de la nature.

Nous avons la conviction que la formation que nous proposons dans le présent document permettra de convaincre les futurs enseignants et les enseignants en exercice qu'ils ont la capacité d'enseigner les sciences de la nature et ce, même si leurs connaissances du domaine sont limitées compte tenu de la grande variété des concepts, des principes et des habiletés intellectuelles en présence. De plus, il semble que cette faible connaissance des sciences de la nature soit, dans certains cas, un avantage pour l'enseignant ou l'enseignante du primaire. Il suffit souvent d'avoir la conviction qu'il est possible de mieux faire. En effet, au cours d'une recherche effectuée par Yager (1983) sur 2 500 élèves du primaire, les élèves se sont dits plus intéressés par les sciences de la nature que les élèves du secondaire et ce, même si les enseignants du secondaire avaient reçu une meilleure formation de base dans ce domaine. Il semble, selon Yager, que les enfants du primaire soient plus motivés par un enseignement donné par une personne qui avoue dès le départ ne pas tout savoir et qui se comporte, tout comme ses élèves, en détective cherchant à expliquer des phénomènes et à vérifier la justesse des idées dégagées lors des investigations. Par ailleurs, l'enseignant ou l'enseignante du secondaire, par l'étendue de ses connaissances, inciterait l'élève à une plus grande passivité ce qui aurait pour conséquence de diminuer l'intérêt de l'élève. Cette différence en serait une d'attitude.

LE CLIMAT DE LA CLASSE

Tous les élèves n'ont pas les mêmes chances d'interagir et de participer aux discussions d'une classe. Certains élèves interviennent continuellement. Ceux-ci ont été désignés d'élèves « dominants » par Tobin et

Gallagher (1987). Ces élèves sont, en fait, ceux et celles qui participent plus que les autres dans les activités de la classe. L'enseignant ou l'enseignante se réfère souvent à ces élèves pour établir un premier lien entre ce qu'il ou elle souhaite présenter et ce que savent déjà ou peuvent apprendre ses élèves. Il s'agit de questionner ceux et celles qui ont plus de facilité à s'exprimer ou à apprendre. Ces élèves dominants permettent souvent d'illustrer ce que l'enseignant ou l'enseignante souhaite faire apprendre et ainsi de faciliter la compréhension des autres élèves de la classe. L'enseignant ou l'enseignante croit ainsi que les élèves dominants fournissent à l'ensemble de la classe de bonnes réponses ou des réponses partiellement correctes sur lesquelles il s'agira d'élaborer par la suite. La recherche de Sadker (1985) montre que lorsqu'un enseignant ou une enseignante s'adresse à toute la classe, quelques élèves seulement, et toujours les mêmes, participent aux discussions. Il y a près de 25% des élèves qui ne participent jamais aux discussions de la classe. D'une façon générale, le nombre d'élèves dominants est d'environ 3 à 7 par classe. D'autres élèves peuvent intervenir de temps à autre, mais ce sont presque toujours ces élèves qui dominent les discussions.

L'enseignant ou l'enseignante s'adresse surtout aux élèves dominants quand il s'agit de questions qui demandent une interprétation, une analyse, une synthèse ou une auto-évaluation des connaissances. Les questions de rappel, par contre, sont dirigées vers un auditoire plus large. Les autres, ceux et celles qui participent rarement, doivent se contenter d'apprendre les réponses et les procédures transmises en classe. C'est donc dire que la majorité des élèves reçoivent ce qui est à apprendre sous une forme achevée, directement de l'enseignant ou de l'enseignante ou encore par les élèves dominants. Ces élèves ont donc peu l'occasion de construire leurs connaissances et ce, même si les apparences laissent croire qu'on est en présence d'une classe active. Les élèves dominants ont plus de chances d'expliquer leurs réponses et posent plus de questions que les autres élèves. Pas étonnant que ces élèves aient une meilleure opinion de l'école que ceux et celles qui participent peu ou pas aux discussions en classe. La recherche montre aussi que les élèves dominants sont rarement réprimandés quand ils répondent tout haut aux questions alors que les autres sont souvent invités à lever la main avant de parler ; ce qui conduit souvent à un comportement inéquitable. C'est pourquoi nous avons tant insisté, au chapitre 10, sur l'apprentissage coopératif en sciences de la nature au primaire, cette formule pédagogique devant réduire, dans l'enseignement des sciences, la portion du temps de classe où le maître enseigne à toute la classe réunie en un seul groupe.

Yager et Penick (1984) ont fait une étude sur certaines écoles qui offraient un très bon enseignement des sciences. Ces centres d'excellence avaient ceci en commun : la réalisation du programme de sciences était

bien appuyée par la structure administrative et plus particulièrement par la direction de l'école, il y avait dans l'école un enseignant ou une enseignante qui jouait le rôle de leader et les parents encourageaient fortement la réalisation du programme.

Comme le montrent plusieurs enquêtes et rapports de recherche, les problèmes et les difficultés que connaît l'enseignant ou l'enseignante des sciences sont nombreux et peuvent décourager les plus déterminés. Tobin et Fraser (1990) ont réalisé de nombreuses recherches qui montrent que certains réussissent à bien enseigner les sciences au primaire et ce, malgré toutes les contraintes et les difficultés précédemment énumérées. Ces enseignants sont, d'après eux, des enseignants exemplaires. Leurs recherches montrent également que même si le milieu n'est pas aidant, il est possible de mieux faire. Ces résultats de ces recherches seront sans doute en mesure d'aider les futurs enseignants ainsi que les enseignants en exercice à mieux réussir leur enseignement des sciences de la nature.

Tobin et Fraser ont étudié le comportement d'enseignants et d'enseignantes identifiés par leurs pairs comme des «maîtres exemplaires». Au lieu de se concentrer sur ce qui n'allait pas dans les écoles, ils ont tenté de dégager les principaux traits distinctifs et les activités de ceux et celles considérés comme des enseignants exemplaires. À leur avis, on peut apprendre beaucoup du comportement de ceux et celles qui sont les plus dynamiques dans l'enseignement de cette matière.

Voici un résumé des principales conclusions dégagées de leur recherche.

1. L'organisation et la disposition des meubles d'une classe, de même que la façon dont l'enseignant ou l'enseignante interagit avec ses élèves sont de très bons indicateurs de sa conception de l'apprentissage et de ce qu'il ou elle croit important que ses élèves apprennent. Si il ou elle croit que les élèves doivent absorber ce qui leur est présenté, les élèves seront probablement placés en rangées face au tableau. S'il s'agit d'un ou d'une adepte du modèle constructiviste, les élèves seront probablement regroupés en petits îlots autour d'une table. Celui ou celle qui place les élèves de cette façon croit que l'apprentissage significatif est favorisé quand l'élève participe activement aux investigations, qu'il ou elle peut échanger avec les membres de son groupe, qu'il ou elle peut manipuler des objets et concevoir des expériences. Le rôle de l'enseignant ou de l'enseignante est alors celui de guide ou de médiateur qui pose des questions, fournit des indices et demande des clarifications. La plupart des classes, on le sait, adoptent un enseignement basé sur le modèle où l'enseignant ou l'enseignante transmet et où l'élève essaie

d'absorber ce qui lui est transmis. En résumé, dans les classes des enseignants et enseignantes exemplaires, il y a interaction entre les pairs, les élèves ont l'occasion de réaliser des investigations et sont tenus responsables de leur apprentissage.

2. Les enseignants exemplaires mettent en place des stratégies qui facilitent la participation continue de l'élève. L'enseignant ou l'enseignante circule alors d'un groupe à l'autre et s'adresse, selon le besoin, à certains groupes ou à certains élèves dans un groupe. Il ou elle supervise continuellement le comportement des élèves et assure ainsi à distance le contrôle de la classe. Dans de telles conditions, on constate peu de comportements inacceptables des élèves. Aussi, il ou elle met en place un certain nombre de règles relatives au travail en équipes et il est rarement nécessaire d'y revenir. Les élèves ont la possibilité de travailler individuellement ou en groupes. L'enseignant ou l'enseignante sait comment fonctionner dans un tel environnement et donne à tous l'impression d'aimer son travail. D'après Tobin et Fraser, ce qui distingue le plus les enseignants exemplaires des autres, c'est leur façon de gérer les activités en classe. Les classes sont bien ordonnées et il y règne un climat de détente. Les enseignants et les enseignantes peuvent alors se concentrer sur leur enseignement et sur l'apprentissage de l'élève plutôt que de surveiller continuellement les élèves. Dans les classes des enseignants exemplaires, il y a peu de temps mort. On passe rapidement d'une étape de la démarche d'enseignement à l'autre. Si des élèves tentent de perturber la classe, il s'agit de s'adresser à eux directement et discrètement sans perturber la classe. Le travail en équipes est toujours bien préparé, car il ne suffit pas de rassembler quelques élèves et de leur demander de travailler ensemble pour que les élèves apprennent. L'enseignant ou l'enseignante croit que l'apprentissage coopératif est quelque chose qui s'apprend et que ce n'est pas un comportement inné. Les élèves doivent savoir quand et comment ils peuvent s'aider les uns les autres et doivent apprendre à solutionner eux-mêmes leurs problèmes. Ainsi, l'enseignant ou l'enseignante n'a pas à courir d'un groupe à l'autre, comme c'est souvent le cas pour celui ou celle qui n'a pas encore développé une stratégie d'apprentissage visant à favoriser l'autonomie de l'élève.
3. Les enseignants exemplaires mettent en place des stratégies visant à favoriser la compréhension de l'élève. Ils incitent l'élève à manipuler des objets concrets et à concevoir puis à réaliser des investigations scientifiques. De plus, ils ont une certaine facilité à poser des questions stimulantes, à bien analyser les réponses

des élèves pour les inviter à élaborer davantage ou à clarifier ce qu'ils viennent d'énoncer. Ce type d'enseignant insiste sur la compréhension plutôt que l'apprentissage par cœur ou l'apprentissage de formules ou de démarches. Les questions posées cherchent à promouvoir la réflexion de l'élève ainsi que sa participation. Les élèves ont assez de matériel et assez de temps² pour compléter leurs investigations. Durant la période de mise en commun et d'interprétation des données, c'est-à-dire lors de la formulation d'explications, il s'agit de solliciter les avis ou les réponses de tous les élèves et non seulement de quelques élèves dominants. L'enseignant ou l'enseignante exemplaire reconnaît les contributions de ceux et celles qui participent, demande à certains de développer davantage ou de clarifier leurs réponses, demande aux élèves de réagir aux réponses fournies, résume les réponses des élèves, corrige certaines conceptions erronées et informe les élèves des problèmes posés par certaines réponses. Les enseignants exemplaires rencontrent quand même quelques difficultés. Ils avaient de la difficulté à diagnostiquer les conceptions erronées des élèves et à fournir aux élèves les indices leur permettant de développer des conceptions pouvant remplacer celles déjà en place dans leur structure cognitive.

4. Les enseignants exemplaires trouvent divers moyens pour encourager les élèves à participer aux activités d'apprentissages en sciences de la nature en faisant en sorte que les élèves participent pleinement aux diverses activités de la classe sans avoir peur d'être ridiculisés par leurs pairs, ou par l'enseignant. L'élève doit être capable de s'engager à fond devant toute la classe, dans les petits groupes ou individuellement, tout en cherchant à comprendre. Quand, par exemple, un groupe termine avant les autres, l'enseignant ou l'enseignante lui fournit un travail supplémentaire et aide les autres groupes qui ont plus de difficultés. Les élèves faisant partie des classes des enseignants exemplaires ne semblaient pas avoir peur de se tromper. Tous les élèves étaient toujours traités avec respect et personne n'était ridiculisé. Quand un élève était incapable de répondre, souvent l'enseignant ou l'enseignante reformulait la question et faisait participer tous les élèves en leur posant certaines questions. Plutôt que de critiquer un ou une élève ayant un comportement passif,

2. C'est pourquoi nous conseillons aux enseignants, au lieu de réaliser rapidement et partiellement certaines expériences en 90 minutes, de réserver à partir de la 3^e année, une période de trois heures à toutes les deux semaines pour les sciences de la nature au primaire. Cette demi-journée permet aux élèves et à l'enseignant de parcourir toutes les étapes de la formule pédagogique que nous avons proposée au chapitre 6.

il ou elle lui demandait : « As-tu pu observer ceci ou noter cela ? » La réponse de l'élève était presque toujours positive, en ce sens que l'élève se remettait à la tâche.

5. Les enseignants exemplaires réussissent toujours à créer et à maintenir un climat favorable à l'apprentissage en classe. C'est ainsi que les élèves dans ces classes développent des attitudes plus favorables envers les sciences de la nature que ceux des autres classes. Ainsi, plus les élèves participent activement à une investigation, plus le climat de la classe est positif. Cependant, tout n'est pas parfait, car même si les élèves admettent recevoir plus d'aide dans ce genre d'environnement que dans une classe plus traditionnelle, ils et elles souhaiteraient en recevoir davantage. Les enseignants exemplaires ont une meilleure perception de leur classe que les autres enseignants de l'école.

Les résultats de ces recherches montrent la complexité de l'enseignement et de l'apprentissage. Il ne suffit pas de bien présenter la matière à apprendre pour être un bon enseignant ou une bonne enseignante. Un enseignant efficace comprend bien la matière et a une bonne connaissance de la pédagogie spécifique à cette matière, ce qui lui permet de créer et de maintenir en classe un climat favorable à l'apprentissage. Il ou elle encourage la participation de l'élève et est capable de guider l'élève pas à pas dans son apprentissage. À la fin d'une activité, il ou elle souligne les principaux aspects de ce qui vient d'être appris.

CONCLUSION

Chaque enfant de notre planète a besoin et a le droit de recevoir une éducation scolaire de qualité. Cette éducation scolaire, pour être de qualité, doit comprendre l'acquisition des principaux concepts et principes scientifiques, des principales habiletés, attitudes et valeurs de la démarche des sciences de la nature.

En guise de conclusion, voici une série d'énoncés qui résument bien notre position en ce qui concerne l'enseignement des sciences de la nature au primaire.

1. Nous croyons que tous les enfants ont le droit de recevoir une formation scientifique de base qui les préparera à vivre une vie intéressante et active au XXI^e siècle.
2. Nous croyons que les normes mondiales qui définissent ce qu'est une éducation scientifique de qualité ont profondément changé avec la croissance rapide des connaissances scientifiques et l'apport de la technologie. La fin du XX^e siècle a marqué le

début d'une ère d'économie mondiale où seuls les peuples bien outillés scientifiquement pourront s'offrir les choix pouvant assurer leur qualité de vie.

3. Nous croyons que le Québec et le reste du Canada n'ont pas jusqu'à présent fait un effort assez soutenu en ce qui a trait à la préparation des jeunes du primaire en sciences de la nature.
4. Nous croyons que l'amélioration de l'enseignement des sciences de la nature au primaire ne peut être obtenue par une législation plus précise, ni par l'adoption d'un nouveau programme d'études en sciences. Cette amélioration ne sera possible qu'à la suite d'un processus à long terme qui touchera de nombreux intervenants (élèves, parents, enseignants, directions d'école, etc.) et qui exigera la mise en place de ressources pédagogiques de plus en plus variées.
5. Nous croyons qu'il ne faut pas demander à l'école d'enseigner plus de savoirs et de savoir-faire scientifiques. Il faut surtout lui demander de se concentrer sur l'acquisition par l'élève d'une démarche scientifique (attitudes, valeurs et habiletés) et de faire en sorte que cet enseignement soit plus efficace.
6. Nous croyons qu'un véritable enseignement des sciences de la nature faisant appel à l'investigation de l'élève ne se fera que si on fournit aux enseignants et aux enseignantes intéressés un matériel de «laboratoire» ou de manipulation peu coûteux et facile d'utilisation et d'accès.
7. Nous croyons que l'apprentissage des sciences de la nature selon une démarche expérimentale est une des matières favorisant le plus le développement de la pensée des jeunes. Les sciences font désormais partie intégrante d'un nouvel humanisme. Les élèves doivent acquérir le plus tôt possible des habiletés et des attitudes qui leur permettent plus tard de prendre position sur divers problèmes d'ordre environnemental, politique et social liés au développement des sciences et de la technologie.

BIBLIOGRAPHIE

- American Association for the Advancement of Science** (1989). *Project 2061 : Science for All Americans*, Washington, D.C.
- Archer, N.** (1980). *Installing a New Curriculum : Observations and Recommendations, Some Process Curricula and Their Installation*, New York, ERIE.
- Brickell, H.** (1964). «State Organisation for Educational Change, A Case Study and a Proposal », *Innovation in Education*, New York, M. B. Miles, Teacher College Press.
- Carlson, R.** (1965). *Barriers to Change in Public Schools, Change Process in the Public Schools*, Eugene, Oregon, Center for the Advanced Study of Educational Administration.
- Conseil des sciences du Canada** (1984). *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, Ottawa, Ministère Approvisionnement et Services Canada.
- Conseil supérieur de l'éducation** (1990). *L'initiation aux sciences de la nature chez les enfants du primaire*, Sainte-Foy, Québec, Direction des communications.
- Dussault, G.** (1987). *L'enseignement des sciences au Canada français : Rapport national, tome 3, La population 1 (Se année du primaire)* Hull, Université du Québec.
- Elnsiedel, F.E.** (1990). *Science Literacy : A Survey of Adult Canadians, Graduate Program in Communications Studies*, Calgary, Université of Calgary
- Gega, P.C.** (1980). «The Textbook Plus... Building of Better Science Programs », *National Elementary Principal*, vol. 59, pp. 44-49.
- Goodlad, J.I.** (1983). «A Study of Schooling : Some Implications for School Improvement », *Phi Delta Kappan*, vol. 64, pp. 552-554.
- Havelock, R.** (1967). *Dissemination and Translation Role, Knowledge Production and Utilisation in Educational Administration*, Eugene, Oregon, Center for the Advanced Study of Educational Administration.
- Lacey, C.** (1977). *The Socialization of Teachers*, Londres, Methuen.
- Manning, P.** (1982). « How Much Elementary Science Is Really Being Taught ? » *Science and Children*, may, pp. 40-41.
- National Science Teachers Association** (1982). *The Principal's Role in Elementary School Science, Handbook 2*, Washington.
- Orlich, D. et al.** (1975). *School System Implementation Project, Report to the National Science Fondation*, Washington, Washington State University.
- Sadker, M.** (1985). «Is the O.K. Classroom O.K. », *Phi Delta Kappan*, vol. 55, pp. 358-361.
- Shoemaker, J. et al.** (1964). «State Organisation for Educational Change, A Case Study and a Proposal », *Innovation in Education*, New York, M.B. Miles, Teacher College Press.
- Stayer, J.R. et Bay, M.** (1987). « Analysis of the Project Synthesis Goal Cluster Orientation and Inquiry Emphasis of Elementary Science Text Books », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, pp. 629-643.

- Tobin, K. et B J. Fraser** (1990). « What Does It Mean to Be an Exemplary Science Teacher ? », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, pp. 3-25.
- Tobin, K. et J.J. Gallagher** (1987). « The Role of Target Students in the Science Classroom », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, pp. 61-75.
- Weiss, E.** (1978). *Report of the 1977 National Survey of Science, Mathematics and Social Studies Education*, North Carolina, Research Triangle Park, Center for Educational Research and Evaluation.
- Weiss, E.** (1987). *Report of the 1985-86 National Survey of Science and Mathematics Education*, North Carolina, Research Triangle Park, Research Triangle Institute.
- Yager, R. et J.E. Penick** (1984). « What Students Say About Science Teachers », *European Journal of Science Education*, vol. 68, pp. 143-152.
- Yager, R.** (1983). « Elementary Science Teachers : Take a Bow », *Science and Children*, avril.

Index des auteurs

- Ahrens, R. 130, 138
Alain 160
Altieri, M.A. 246, 251
American Association for the
 Advancement of Science, 15, 25,
 321, 345
Archer, N. 337, 345
Ausubel, D.P. 143, 146, 154, 157-158,
 193, 195, 202, 205, 211
Bachelard, G. 10, 25
Bay, M. 332, 345
Bernard, C. 19
Blosser, P. 241, 251
Bredderman, T. 136-138
Brickell, H. 337, 345
Brownell, J.A. 147, 154
Caillé, A. 266, 276
Carlson, R. 337, 345
Carin, A. 250-251
Comte, A. 146
Conficius 27
Confrey, J. 152, 154
Conseil des sciences du Canada 323,
 332, 345
Conseil supérieur de l'éducation 325,
 345
Cuvillier 7
Davies, I.K. 141, 154
De Vecchi, G. 195, 203, 205-206, 211,
 236
Doise, W. 258, 267, 276
Doyon, D. 262, 276
Driver, R. 201-202, 211
Dussault, G. 321, 345
Einstein, A. 233
Elsiedel, F.E. 321, 345
Elstgeest, J. 241, 251
Faust, W. 264, 276
Fraser, B.J. 340-341, 346
Gagné, R. 130, 139, 246, 251
Gall, M. 241, 251
Gallagher, J.J. 339, 346
Gega, P.C. 332, 345
Gibson, E. 118, 127, 129-130, 132-133,
 151-152, 154, 160, 193
Gibson, J.J. 118, 126, 128, 130
Giordan, A. 195, 203, 205-206, 211,
 236

- Glaser, R. 41, 83
 Glasersfeld, R. von 145-146, 150, 154
 Goldman, M. 265, 276
 Goodlad, J.I. 327, 345
 Gowin, D.B. 193, 206, 211
 Harlen, W. 135, 139, 227, 232
 Havelock, R. 337, 345
 Hawley, W. 255, 276
 Helm, H. 200, 211
 Hudgins, B. 264, 276
 Husband, R. 263, 276
 Jenkins, L. 106, 133
 Johnson, D. 261-262
 Johnson, R. 261-262
 King, A.R. 147, 154
 Klausmeier, H. 265, 276
 Knight, C. 106, 113
 Kyle, W.C. 138-139
 Kuhn, T. 143, 154
 Lacey, C. 329, 345
 Lederman, N.G. 4, 25
 Lorge, C. 329, 345
 Manning, P.C. 139, 332-333, 338, 345
 Martinand, J.L. 211
 Maynard 7
 Mechling, K.C. 99, 113
 Ministre de l'Éducation du Québec,
 225, 232
 Montessori, M. 152, 154
 Mugny, G. 258, 267, 276
 National Science Teachers Association,
 334, 345
 Novak, J.D. 157-158, 193, 200, 206,
 211
 Orlich, D. 337, 345
 Penick, P.E. 339, 346
 Peters, R.S. 91, 113
 Piaget, J. 85, 113, 115, 138, 143-144,
 149, 213, 216, 232, 257-258, 260,
 267
 Plancharde, E. 7
 Poincaré, H. 1
 Poulin, J.R. 262, 276
 Rosenholtz, S. 255, 276
 Rowe, M. 246-249
 Russell, B. 6, 25
 Russell, T. 313, 318
 Sadker, M. 339, 345
 Saunders, W.L. 138-139
 Schumacher ; E.F. 156, 193
 Schwab, J. 9, 25
 Shaw, M. 262, 276
 Shoemaker, J. 336, 345
 Shymansky, S.A. 139
 Siegfried, A. 88, 113
 Simon, P.H. 89, 113
 Slavin, R. 262, 277
 Smith, D. 255, 277
 Socrate, 146
 Staver, J.R. 332, 345
 Stiggins, R.J. 286, 318
 Sund, R. 250-251
 Taylor, D. 263, 276
 Tobin, K. 338, 340-341, 346
 Tyler, R. 279, 281, 318
 Unamuno, M. de 27
 Vicco, G. 146
 Vocabulaire philosophique de
 Lalande 7
 Vygotski, L.S. 143, 154, 253, 257-260,
 267
 Weiss, E. 327, 346
 Whitehead, A.N. 319
 Wollman, W.T. 138-139
 Yager, R. 338, 346
 Zimmermann, D. 262, 277

Index thématique

Les nombres en caractère gras indiquent les pages où l'on retrouve une définition du mot ou de l'expression.

- Activité guidée 215, 218-221, 236
- Activité scientifique 172, 191, 200, 206, 222, 249
- Appliquer 12, 92, 95, 109, 111-112, 144, 147, 163-166, 177-179, 199, 202, 245, 256, 286, 289
- Apprentissage 146, 197-199, 256, 264-265, 269, 340
- coopératif ou en groupes 255-257, 261, 268-270, 274, 282, 330, 339, 341
- individuel 261-264, 266
- mécanique 157-158, 161
- significatif 157-158, 161, 166
- perceptif 127, 130-131, 160, 164
- Auto-évaluation de l'élève 165, 179-181, 203, 245, 284, 286, 327, 339
- Autonomie intellectuelle 93, 162, 172, 180, 198-199, 222, 269, 308, 322, 337
- Attitudes (*voir* structure attitudinale)
- Buts de l'enseignement des sciences 98, 172, 213
- Champ culturel 88, 94
- Civilisation 87-88, 94
- Classifier 32, 38, 40-41, 42-43, 130, 243, 250
- Clé taxonomique 43, 317
- Climat ou atmosphère de la classe 164, 172, 179, 181, 248, 270, 281, 321, 338-343
- Coin d'observation 157, 182-185
- Communiquer 77-79, 163, 271-272, 306
- Conceptions préalables 147-152, 157, 165-166, 168, 176-177, 189, 197-211, 216-217, 236, 241, 283, 286
- diagramme de concepts 179, 206 - 208
- Concepts (*voir* structure conceptuelle)
- Conflit cognitif 161, 206, 257, 258
- Construction de concepts ou de connaissances 157, 163-164, 166, 176, 180, 199, 205, 237, 258, 268, 270, 339
- Constructivisme 142-152, 160, 164, 201, 260, 283, 332, 338, 340
- Contraintes 328-338, 340
- en classe 329-332
- institutionnelle 332-33 7
- personnelles 337-338

- Contenu 164
- Contrôler les variables 34, 54-56, 132, 169, 204, 304
- Culture 88
 - scientifique 94-96, 117
 - totale 87
 - institutionnelle 328, 330-331, 337
- Découverte autonome 117, 157
- Découverte guidée 117, 157, 159
- Définir opérationnellement 56-57, 58-61, 163, 169, 305
- Démarche expérimentale (*voir* démarche scientifique)
- Démarche scientifique 8, 13, 15-16, 22-23, 29, 33-35, 38, 82, 92, 98, 100, 109, 111-112, 118, 132-133, 163, 169, 227, 321-322, 325, 344
- Démonstration 108, 157, 167, 190-191
- Diagramme de concepts 179, 206-208
- Différence significative 261-263, 265
- Direction de l'école 330-331, 333-334, 340
 - rôle 333-337
- Domaines d'études, intégration des autres matières 105-108
 - art 106
 - éducation physique 107
 - langue maternelle 104
 - mathématique 104-105
 - sciences humaines 104
- Éducation 87, 89-91, 164, 198, 248, 327, 331
- Élèves dominants 338-339
- Enseignants exemplaires (*voir* maîtres exemplaires)
- Enseignement 34-35, 159-160, 330
 - déductif 34-35 inductif 35
- Esprit critique 172, 269, 310, 332
- Esprit scientifique 11
- Estimer 189, 220-221
- Étonnement de l'élève (*voir* pédagogie de l'étonnement)
- Évaluation des apprentissages 51, 100, 136, 206, 235, 281-283, 313, 327
 - nature 285
 - formes
 - diagnostic 166, 197-211, 286-287,
 - formative 179-181, 284, 286-287
 - sommative 165, 179-181, 245, 283, 286-287, 289
 - modes 288-290
- Évaluation orale et écrite
 - l'association 295
 - la phrase à compléter 291
 - la question à réponse brève 290
 - la sériation ou la mise en ordre 296
 - le dessin à compléter 291
 - le dessin commandé 292
 - l'essai 296
 - les questions à choix de réponses 293
 - les questions de type « vrai ou faux » 292
 - l'évaluation orale 298
 - autres formes
 - le cahier de laboratoire 290
 - le devoir 290
 - l'entrevue 290
 - le rapport de recherche 290
- Évaluation à l'aide de grilles (*voir* grilles d'évaluation)
 - exemple d'une grille d'évaluation simple 311-312
 - évaluation des attitudes 307-309
 - évaluation des habiletés 311-312
- Évaluation pratique 283, 313-317
- Excursion 107, 157, 167, 191-193
- Expérience 34, 61-62, 172, 191, 199, 206, 222, 226, 236, 249, 273, 322
 - contrôlée 62, 215, 219, 221-232
 - déductive et inductive 61-62

- Expérimenter 61-63, 93, 134, 152,
169, 171-172, 175, 197, 222
protocole expérimental 100-101,
133, 152-153, 164, 166, 169,
172, 174, 197, 222, 227-232,
242, 256, 304
- Exploration libre 167, 203, 215-218,
236, 243
- Exposé 157, 167, 172, 189-190, 255,
268, 327
- Extrapolation 77
- Faits 24, 94, 96, 101, 178, 327
- Formules pédagogiques 134, 136-137,
157, 160, 189, 197, 255, 281, 283-284,
327-328, 330
- Graphiques, représentations 63, 65,
78, 105, 174, 176
- Grilles d'observation 181, 283, 289,
299-312
- Groupes, formation de 172-174, 202,
217, 219, 261, 263, 265-266, 268-
269, 271, 327-328, 330
ad hoc ou naturels 261, 263, 271,
274
responsabilités de l'élève dans un
groupe 272-273
- Habilités (voir structure méthodologi-
que)
- Habilités intellectuelles 29, 93, 136-
137, 161, 216, 338, 344
- Habilités scientifiques 22, 30-31, 36,
79, 96, 100, 137, 169, 181, 197,
216
- Hypothèse, formuler une 30-31, 33, 46-
52, 62, 76, 152, 163, 167, 169, 171-
172, 174, 176, 180, 215, 224-226,
304
- Identifier les variables 52-54
- Inférer 32-33, 66-70, 73, 93, 179, 227-
232
induction 30, 67-68, 72-73
déduction 67-68, 163
- Innovations pédagogiques 281-282,
- Intégration des savoirs (*voir* domaines
d'études) 111
- Interaction sociale 151, 255, 257-259,
261-262, 268-269
- Interpolation 77
- Interprétation des données ou des
résultats 175, 244, 305
- Invariants 32, 129-133, 197
- Investigation 136-137, 148, 152-153,
157-158, 160, 162-163, 167, 170,
171, 174-175, 178, 190, 202, 236-
237, 239-240, 242, 244, 268-269,
273, 281, 287, 303, 330-332, 341,
343-344
- Lois scientifiques (*voir* structure
conceptuelle)
- Maîtres exemplaires 340-343
- Matériel 323, 326-327, 329-331., 333-
335, 342, 344
- Manipulation concrète 157, 160, 172,
215-216, 219, 236, 282-283
- Mesurer 38, 43-44, 45-46, 80
caractéristiques de la mesure 45
modes 44-45
types de mesures 45
- Méthode scientifique 15, 29
- Modes d'enseignement 159
- Modèles, élaborer ou créer des 70-71,
72-74, 163, 305
- Nature 118, 172
- Observer 30, 32, 36-37, 38, 93, 134,
171, 175, 183, 193, 302
observation naturelle ou spontanée 34,
37, 127, 132-133, 151-152, 204
observation scientifique 34, 38,
127, 147, 152
- Organiser les données 63-66, 305
- Pédagogie de l'étonnement 161, 167-
168, 182, 190, 201
- Perception des structures 131

- Principes didactiques ou pédagogiques 132
- Principes scientifiques (*voir* structure conceptuelle)
- Prédire 30, 33, 66, 75-76, 200, 221, 229, 306
- Problème, l'énoncé d'un 51, 133, 147, 152, 161, 166-167, 170-171, 174, 176, 178, 192, 222-225, 227, 240, 242, 256, 268
- Procédure expérimentale (*voir* protocole expérimental dans expérimenter)
- Programmes d'études 13, 17, 21-22, 35, 92, 95, 98, 101-102, 112-113, 143, 148, 160, 197, 200, 225, 281, 285, 287, 321-322, 324, 330, 332-335,
- Questions 13, 17, 21-22, 35, 152, 161, 166-167, 169-170, 171, 174, 176, 206, 219, 222-225, 227, 235-250, 255, 268, 273, 302
- types de questions 238-241
- fermées 238-239, 241
- ouverte 239-241, 246
- Régime pédagogique 324, 326
- Relations 24, 32-33, 74, 204, 224, 237, 245
- Renforcement 248-249
- Résolution de problèmes 16, 158, 160, 285
- Savoirs (*voir* structure conceptuelle)
- Savoir-faire (*voir* structure méthodologique)
- Sérier 30, 32, 38, 39-40, 243, 303
- sériation simple 39
- sériation matricielle 40
- Sciences de la nature 22, 29, 164, 166
- caractéristiques 4, 158
- conceptions 5, 134
- Structure 129-131, 133, 145, 183
- Structure cognitive 98, 148, 198-200, 203-204
- Structure conceptuelle 8, 14-17, 19, 29, 69, 102, 109, 117, 134-135, 198, 204, 282, 289
- cadres théoriques 7
- champs conceptuels (*voir* schèmes conceptuels)
- concepts 9, 12, 17, 19-20, 81, 95, 102, 109, 117, 131, 133, 160, 162, 164, 166, 178, 181, 190-191, 197-198, 200-201, 203, 206, 245, 257, 269, 283, 338, 343
- connaissances 7-8, 12, 22, 87, 98, 112, 203, 216, 338
- lois 9, 12, 17, 19-20, 50, 95, 100, 117, 131, 133, 178, 198
- modèles 9, 12, 19, 328-329
- principes 33, 50, 81, 100, 102, 109, 131, 159, 162, 177-178, 181, 190-191, 269, 283, 338, 343
- savoirs 5-7, 9, 15, 22, 88, 90, 92, 98, 101, 111, 113, 137, 145, 160-161, 176-177, 198, 203, 205, 333, 344
- schèmes conceptuels 16-20, 103, 177
- thèmes 102-103, 206
- théories 9, 12, 19, 50, 102, 133, 198
- Structure méthodologique 9, 14-15, 19, 22, 29-31, 79, 117, 134-135, 198, 289
- connaissances 7-8, 12, 22
- habiletés de laboratoire (*voir* habiletés manuelles)
- habiletés manuelles 9, 22, 79-80, 102, 117, 161-162
- habiletés scientifiques 9, 13-14, 102, 117, 176, 302
- savoir-faire ou recherche méthodique 7, 9, 14-15, 22, 90, 92, 98, 145, 177, 289, 344
- Structure attitudinale 9, 11, 14, 20, 22, 29, 117, 135, 198

- attitudes ou dispositions de l'esprit
7-11, 19, 24, 81-82, 93, 101-102,
117, 135, 137, 145, 161, 166, 176,
197-199, 205, 268, 289, 307, 338,
344
- savoir-être 90
- Structure axiologique 99, 11, 14, 20, 29,
117, 135, 198
- savoir-être 90
- valeurs, prédispositions, convictions
7-8, 10-11, 19, 24, 81-82,
87, 95, 101, 117, 135, 145, 161,
176, 198, 344
- Système perceptif 118, 121-124, 126-
128, 131, 134
- Tableau d'affichage 157, 185-189
- Tableaux, construction de 63-64, 105,
174, 176, 219, 222
- Technologie 20-22, 92, 95-96, 102,
104, 112, 179, 325, 333, 343-344
- Temps d'arrêt, entre les questions
246-250, 291
- Temps d'enseignement 108, 111-112,
325, 327, 330, 339, 342
- Théorie de la perception 127
- Traits distinctifs 32, 36, 87, 127, 129-
133, 183, 190, 197, 206, 291, 340
- Valeurs (voir structure axiologique)
- Variables 47, 52, 63, 133, 223, 226-
232, 242
 - constantes ou contrôles 55, 223,
226-227-232
 - dépendantes ou expérimentales
52, 53, 223, 227-232
 - indépendantes ou manipulées
52-53, 223, 227-232
- Vérifier 76-77, 93, 306

