

INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

GROUPE DE L'ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire.....	1
L'évolution de la place de l'enseignement des sciences à l'école primaire	2
L'enseignement des sciences à l'école primaire : une tradition du système éducatif français.....	2
Les origines.....	2
Dans les années 1970, les activités d'éveil donnent une forte impulsion à l'enseignement des sciences, mais présentent des limites, dont les effets sont encore perceptibles aujourd'hui	3
Les évolutions depuis 1985	6
Rôle et place des connaissances et de l'expérience réalisée par les élèves dans l'enseignement actuel des sciences et de la technologie	6
Quelle est, aujourd'hui, dans l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire, la place des connaissances scientifiques ?.....	6
Quel est le rôle de l'expérience réalisée par les élèves ?	10
Conclusion	12

L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE À L'ÉCOLE PRIMAIRE

Septembre 2000, mise à jour janvier 2001

Dans une première étape, nous décrirons les grandes étapes historiques de l'enseignement des sciences à l'école primaire.

Dans un deuxième temps, nous aborderons deux questions cruciales :

- quelle est la place des connaissances ?
- quel est le rôle de l'expérience réalisée par les élèves dans l'enseignement des sciences ?

L'ÉVOLUTION DE LA PLACE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉCOLE PRIMAIRE

L'enseignement des sciences à l'école primaire : une tradition du système éducatif français

Comme le montre l'article "Histoire de l'enseignement des sciences", disponible sur le serveur www.inrp.fr/lamap/, le souci de la formation scientifique à l'école primaire est l'une des constantes historiques de l'école primaire en France depuis le milieu du XIX^e siècle.

Au fil des années, les textes oscillent entre deux couples de préoccupations, qui restent présentes en 2000, le poids étant, selon les périodes, mis davantage sur tel pôle de ces couples :

- l'enseignement des sciences contribue-t-il à former les élites ou contribue-t-il à la formation de tous ?
- l'enseignement des sciences vise-t-il à une formation professionnelle, à une préparation "utilitaire" à l'entrée dans une société industrialisée, ou a-t-il pour visée l'acquisition d'une culture générale, de connaissances et de méthodes d'analyse et de raisonnement contribuant à la formation du citoyen ?

Les origines

Les débuts de l'enseignement scientifique sont discrets : il n'intervient ni dans les *Petites écoles*, ni dans les collèges d'Ancien Régime, centrés, sauf exception, sur les humanités et les mathématiques, et commence seulement à prendre réellement de l'importance au cours du 18^{ème} siècle avec la création d'écoles techniques, à l'origine des grandes écoles actuelles¹, et, pour le second degré, avec celle des écoles centrales en 1795.

Préparée par les grandes lois intervenues au cours du 19^{ème} siècle² et par la création dans les écoles primaires de bibliothèques comportant des récits et ouvrages de vulgarisation scientifiques³, l'introduction d'une formation scientifique dans les programmes de l'école primaire en France se fait dès les débuts de la 3^{ème} république.

La loi du 28 mars 1882 prévoit en effet un enseignement d'éléments de sciences naturelles, physiques et mathématiques, leur application à l'agriculture, à l'hygiène, aux arts industriels, aux travaux manuels et usage des outils des principaux métiers".

¹ Création en 1747 de l'École des Ponts et Chaussées et en 1783 de l'École des Mines, avant celle de l'École polytechnique en 1794

² Avec la loi Guizot du 28 juin 1833, l'instruction élémentaire « comprend nécessairement l'instruction morale et religieuse, la lecture, l'écriture, les éléments de la langue française et du calcul, le système légal des poids et mesures » cependant que le primaire supérieur introduit « les éléments de la géométrie et ses applications usuelles, spécialement le dessin linéaire et l'arpentage, des notions de sciences physiques et de l'histoire naturelle applicables aux usages de la vie ». La loi Falloux de 1850 reprend dans des termes quasiment identiques la liste des enseignements obligatoires et précise que l'enseignement primaire *peut comprendre* en outre des « notions de sciences physiques et de l'histoire naturelle applicables aux usages de la vie ». La loi de 1867 sur l'enseignement primaire ajoute aux enseignements obligatoires l'histoire et la géographie de la France, mais non les sciences. Textes cités dans *Histoire générale de l'enseignement et de l'Éducation en France*, tome 3, par Françoise Mayeur, Nouvelle librairie de France, Paris 1981. Voir également *Les politiques de l'éducation en France*, collection *Retour aux sources*, La documentation française, Paris, 1995.

³ Cf. Jean Hébrard *Histoire de l'enseignement des sciences*, site *Lamap* de l'INRP : dès 1860, création dans les écoles primaires d'une bibliothèque permettant aux élèves ayant terminé leur scolarité de découvrir de nouveaux savoirs. Les fonds de ces bibliothèques comportent notamment des ouvrages vantant les mérites des sciences et des techniques. De plus, les livres de lecture des années 1860 et 1870 offrent des récits qui introduisent ces savoirs nouveaux.

Dans le décret du 18 janvier 1887 apparaît l'expression "leçons de choses", qui est restée, pour l'opinion publique, le modèle, parfois mythique, de l'enseignement scientifique : "l'instruction primaire élémentaire comprend les leçons de choses et les premières notions scientifiques".

Dans le courant du vingtième siècle apparaissent deux éléments nouveaux :

- la réalisation d'expériences par les élèves : en 1902, les "*exercices pratiques*" ou "*travaux pratiques*" sont introduits dans l'enseignement du second degré en physique et en sciences naturelles. Notons que ces "travaux pratiques" ne sont pas, alors, nécessairement expérimentaux : ce sont des textes ultérieurs qui affirment explicitement le caractère expérimental de ces activités. L'existence de travaux pratiques est toujours en vigueur et reste l'une des caractéristiques de l'enseignement français par rapport à celui de la grande majorité des pays étrangers ;
- la création d'une discipline nouvelle, la technologie, dans les années 1970.

L'arrêté du 23 février 1923 précise dans le premier degré les horaires des "*sciences physiques et naturelles*"; les instructions officielles demandent d'appliquer une méthode expérimentale, d'enseigner par l'action.

Les textes parus en 1938, 1945, 1956 confirment, selon des modalités diverses, la présence d'une formation scientifique à l'école primaire.

Dans les années 1970, les activités d'éveil donnent une forte impulsion à l'enseignement des sciences, mais présentent des limites, dont les effets sont encore perceptibles aujourd'hui

Une forte impulsion...

L'arrêté du 7 août 1969 instaure le tiers-temps à l'école élémentaire, l'enseignement des sciences appartenant au bloc des "*disciplines d'éveil*" (histoire, géographie, sciences, travaux manuels).

Un travail considérable est alors accompli par des équipes d'inspecteurs départementaux de l'éducation nationale, d'enseignants de l'école primaire, de professeurs d'école normale, de chercheurs de l'institut national de recherche et de documentation pédagogique (INRDP).

On trouve dans ces travaux l'affirmation nette d'une conception constructiviste de l'enseignement :

"le savoir de l'enfant est toujours un savoir construit par lui-même. Les savoir-faire résultent d'un apprentissage actif. Mais le maître doit toujours connaître les objectifs à atteindre..." ("Recherches pédagogiques", revue de INRDP, N° 62, 1974).

Dans cette perspective, les publications de l'INRDP explicitent un ensemble d'objectifs jusqu'à peu (et insuffisamment) pris en compte dans l'enseignement. Ils visent à développer chez l'élève :

- l'autonomie et la prise de responsabilité,
- la curiosité et l'aptitude à s'étonner,
- l'aptitude à créer et inventer,
- l'aptitude à la communication, la sensibilité et le sentiment esthétique,
- le développement physique,

- l'ouverture aux autres,
- l'ouverture à la société,
- l'éducation morale.

Plus nettement que par le passé est affirmée dans ces travaux l'idée que, à l'école primaire, l'enseignement des sciences s'appuie sur des situations prises dans la réalité proche de l'élève, situations sur lesquelles on pourra conduire des expériences, construire des manipulations. On choisit ainsi des "situations-problème" à partir desquelles seront formulées des questions scientifiques : que se passe-t-il si je chauffe encore de l'eau bouillante, comment obtenir de l'eau la plus froide possible, l'eau de mer porte-t-elle mieux que l'eau douce, que devient l'eau d'arrosage des plantes, comment "disparaissent" les feuilles mortes ?

On trouve dans ce travail relatif aux activités d'éveil un autre élément fondamental : la place importante consacrée aux expériences réalisées par les élèves. La conception de l'expérience qui y est développée n'est pas identique à celle de la leçon de choses (pourtant restée dans les représentations de l'opinion publique le modèle de l'enseignement expérimental). Comme le précise l'article "Histoire de l'enseignement des sciences" déjà cité, la leçon de choses s'est, dans la réalité, éloignée de celle qui était souhaitée par ses initiateurs : en fait, elle est souvent une leçon de mots. L'objet est parfois présent dans la classe, mais parfois seulement évoqué par une gravure, et l'on apprend à en nommer les différents éléments (la rafle du raisin pour ne donner qu'un exemple). Lorsque l'expérience (évoquée, ou, lorsqu'elle est réelle, souvent réalisée par le maître devant les élèves) est présente, il s'agit moins *"de confirmer ou d'infirmer une hypothèse (comme on vise à le faire dans les activités d'éveil) que de permettre à l'enfant d'observer des phénomènes qui n'auraient pas attiré son attention si une manipulation, venue au bon moment, n'avait arrêté son regard"*.

Le travail riche et dense ainsi effectué dans le cadre des activités d'éveil a donné une forte impulsion et aussi de nouvelles et fécondes perspectives à l'enseignement des sciences à l'école primaire. Les équipes se sont mobilisées, des documents pédagogiques ont été édités (citons pour exemple la collection Raymond Tavernier, *"L'éveil par les activités scientifiques"*), du matériel expérimental a été conçu et diffusé. L'ensemble des documents rédigés dans cette période recèlent des ressources précieuses, toujours d'actualité.

...des limites évidentes, qu'il convient d'analyser

Cependant, avec le recul, force est de constater que le travail considérable ainsi entrepris n'a pas porté tous ses fruits : bien que présent clairement dans les programmes (cette présence a été réaffirmée, nous le verrons plus loin, dans les programmes de 1985 et 1996), l'enseignement des sciences et de la technologie est peu pratiqué à l'école : les horaires qui lui sont consacrés sont parfois purement et simplement absents de l'emploi du temps de la classe. Diverses enquêtes réalisées sur le terrain en 1995 montrent que la proportion des classes élémentaires où cet enseignement est dispensé est faible. Quant à celles où est dispensé un enseignement actif et s'appuyant sur des expériences réalisées par les élèves, elles sont très peu nombreuses (sans doute moins de 10%). Cette situation paradoxale dans un système centralisé où les programmes sont obligatoires... conduit à s'interroger sur les raisons de l'échec.

Celui-ci est la conséquence de plusieurs facteurs dont il conviendrait d'analyser de façon fine les parts respectives. Notons par exemple que, alors que le tiers-temps a été instauré en 1969, ce n'est

qu'en 1978 que des instructions officielles (ambitieuses et en très grande partie non appliquées) précisent les contenus et méthodes de l'enseignement des sciences à l'école élémentaire.

Dans le cadre de cette contribution, nous insisterons seulement sur les incidences de deux de ces facteurs :

dès la définition du tiers temps, *les articulations entre les différents apprentissages de l'école primaire étaient insuffisamment explicitées*. Les activités (ou, selon les textes, disciplines) d'éveil pouvaient apparaître comme indépendantes des apprentissages "instrumentaux", parler, lire, écrire, compter. Au fil des années l'opinion publique, comme les décideurs, insistait sur la nécessité de "recentrer" l'école sur ses missions premières. Le temps consacré à l'enseignement des sciences, de l'histoire, de la géographie apparut, dans ce contexte, tant pour les parents que pour certains maîtres, comme venant parasiter l'enseignement, détourner l'école de sa tâche. Cette impression fut accentuée par quelques dérives, les activités d'éveil pouvant prendre un tour purement ludique ou "occupationnel" (dérives minoritaires, certes, mais ayant fait l'objet de vives polémiques, concentrées dans le livre "Le poisson rouge dans le Perrier"). Les programmes de 1985 et de 1995 ainsi que les différentes instructions publiées sur l'enseignement de la langue à l'école montrent bien que les apprentissages "fondamentaux" ne sauraient être purement instrumentaux (mécanismes de la grammaire, de l'orthographe). mais ne peuvent se distinguer du sens : parler, lire, écrire, compter, certes, mais dire quoi, lire quoi, écrire quoi ? Sans contenu, l'apprentissage de la langue reste vide ! L'enseignement des sciences, de l'histoire, de la géographie contribue à la construction du langage et lui apporte une dimension nécessaire. Il ne nuit pas aux apprentissages instrumentaux, au contraire il leur donne un sens et en est l'une des conditions.

Les travaux publiés dans les années 70 restaient imprécis sur la place des objectifs de connaissance dans les activités d'éveil. Dans le numéro 62 de la revue "Recherches pédagogiques", on trouve une liste précise, explicite, des objectifs liés à l'éveil et au développement global de l'enfant, à l'éducation sociale et morale. En revanche, on indique que la question de l'acquisition de compétences intellectuelles, de savoir-faire et de connaissances "fait l'objet de controverses passionnées", qu'il faut éviter le transfert abusif de données tirées de l'éducation des adultes, pour conclure que "la priorité doit être donnée non au programme mais à la démarche". Le même texte précise que le maître s'appuie sur un tableau d'objectifs (qui n'est pas explicité) permettant que l'activité de l'enfant débouche sur un "résultat objectif". On voit bien comment les auteurs, dans un classique mouvement de balancier, étaient soucieux de sortir d'une pédagogie d'imposition, d'affirmation, pour aller vers une souhaitable méthode constructiviste. On voit bien aussi, avec le recul, comment l'insuffisante définition des objectifs de connaissance a pu créer des obstacles (les maîtres pouvant penser qu'ils avaient tout à reconstruire par eux-mêmes, y compris les connaissances scientifiques fondamentales, dans un contexte où ils ressentaient cruellement les limites de leur propre formation scientifique) ou parfois même donner lieu à des dérives du type "les connaissances n'ont pas d'importance, l'important est de mettre l'enfant en position de chercheur".

Les évolutions depuis 1985

On se limitera ici à une très brève évocation de ces évolutions qui, dans le cadre du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (juin 2000), sont analysées avec rigueur dans divers textes et documents officiels diffusés à cette occasion, textes que l'on trouvera en particulier sur les serveurs internet accompagnant le plan.

En 1985 puis en 1995, les programmes définissent avec précision les contenus de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.

Inspirés par des observations faites dans des quartiers défavorisés aux USA et préoccupés par ce qu'il fallait bien considérer comme l'échec de l'enseignement des sciences à l'école primaire en France, le professeur Charpak et l'académie des sciences emportent la décision des ministres de l'éducation nationale pour l'opération "La main à la pâte", qui suscite une "remobilisation" et un dynamisme remarquables.

Le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (note de service n° 2000-078 du 8 juin 2000) intègre les acquis de ce travail en affirmant avec force que le développement de la culture scientifique est un enjeu majeur pour notre société et en ouvrant, pour l'école primaire et aussi pour le collège, des perspectives précises et ambitieuses.

RÔLE ET PLACE DES CONNAISSANCES ET DE L'EXPÉRIENCE RÉALISÉE PAR LES ÉLÈVES DANS L'ENSEIGNEMENT ACTUEL DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Quelle est, aujourd'hui, dans l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire, la place des connaissances scientifiques ?

Dans une démarche dogmatique, l'enseignant énonce des vérités. Toute vérité correctement énoncée est considérée comme comprise. Cette conception (certes présentée ici de façon quelque peu simpliste) élude la question du sens à donner à la connaissance et conduit fréquemment à confondre l'aptitude à énoncer une connaissance et la capacité à donner du sens à cette connaissance en situation. Une enquête, conduite dans les années 1920 (à une époque où une proportion importante de Français apprenaient le principe d'Archimède pour préparer le certificat d'études) montre que, tout en étant capables d'énoncer le fameux principe, la majorité des personnes interrogées pensaient que l'on flotte mieux dans l'eau profonde, alors que ce facteur n'est nullement présent dans le principe.

Dans une démarche inductiviste, les élèves "redécouvrent" les lois : la connaissance vient de l'expérience, dans une conception largement empiriste qui sous-estime tant l'existence de cadres théoriques constitués au cours de l'histoire que la présence de représentations préalables des élèves quant aux phénomènes étudiés. Nous verrons plus loin que cette conception conduit parfois à surestimer le rôle de l'expérience dans l'enseignement.

Les didacticiens tendent actuellement à privilégier une démarche constructiviste, dans laquelle les connaissances se construisent dans l'action au cours d'une démarche guidée par le maître. L'expression orale et la confrontation, entre les élèves, des hypothèses, des observations et des conclusions renforcent la pertinence de cette démarche.

Comme nous l'indiquons dans la première partie, les activités d'éveil privilégiaient la démarche scientifique mais n'avaient sans doute pas suffisamment en perspective les

connaissances visées au cours de cette démarche. Le rapport de l'inspection générale intitulé *"L'opération la Main à la Pâte et l'enseignement des sciences à l'école primaire"* (juin 1999) signale une dérive vers le *"tout méthodologique"* dans une proportion significative de classes impliquées dans l'opération.

En schématisant à l'extrême, cette dérive peut être décrite par l'affirmation : les connaissances scientifiques visées n'ont pas d'importance, l'important est de mettre l'élève en situation de chercheur.

De façon générale, il nous semble pour le moins douteux qu'il puisse exister des méthodes entièrement indépendantes des contenus travaillés. En sciences cette idée présente des limites évidentes : l'observation, l'expérimentation, s'appuient sur des hypothèses nourries par des connaissances préalables et conduisent à d'autres connaissances qui peuvent alors être utilisées comme principe explicatif dans d'autres domaines que la situation étudiée au départ. Se priver de la formalisation de connaissances même modestes à l'école primaire, c'est se priver de cette possibilité d'explication et donner alors de la science l'impression d'une impasse permanente (on cherche, mais on ne trouve rien...) où celle d'une collection d'observations disparates qu'aucun principe explicatif ne relie. Le plaisir intellectuel qu'apporte la possibilité de pouvoir commencer à expliquer le monde qui nous entoure, pour agir sur lui de façon plus rationnelle et pertinente, est un puissant moteur pour développer l'appétit d'apprendre. Il serait dommage de s'en priver. L'accumulation trop systématique d'observations ne débouchant sur aucune connaissance semble peu féconde.

Ces propos peuvent être illustrés par trois exemples :

l'évaporation : au cours de l'étude des changements d'état de l'eau, cette notion est fréquemment abordée à l'école, partant de situations-problème du type *"pourquoi le linge étendu sèche-t-il, comment le faire sécher plus vite"* ou *"que devient, au bout de quelques jours, l'eau placée dans une soucoupe ?"*. Ces questions conduisent généralement à des expériences permettant de mettre en évidence les facteurs qui favorisent ou gênent l'évaporation : surface du liquide au contact de l'air, température, etc. On ne pourra, à l'école primaire, aboutir à partir de ces expériences à une interprétation détaillée du phénomène car cette explication fait intervenir les notions de pression partielle de la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant et de pression de vapeur saturante qu'il est tout à fait prématuré d'aborder, même au cycle III. Cependant, les observations accumulées, mémorisées en tout ou partie par les élèves, seront mobilisées par eux dans le cours ultérieur de leurs études; servant de référent à une étude systématique de l'évaporation. De plus, sans aboutir aux lois détaillées régissant le phénomène, des connaissances précises seront formulées au cours de ce travail : comme dans l'ébullition, au cours de l'évaporation le liquide passe à l'état vapeur ; l'évaporation est un phénomène de surface alors que l'ébullition concerne l'ensemble du volume du liquide ; sous une pression déterminée, l'ébullition a lieu à une température bien déterminée ce qui n'est pas le cas pour l'évaporation.

les irisations : *pourquoi une flaque d'huile répandue sur le sol présente-t-elle des irisations ? Pourquoi les bulles de savon sont elles irisées ?* Remarquons tout d'abord (et cela est valable dans l'enseignement des sciences et de la technologie comme dans les autres domaines d'enseignement) que toute question d'élève ne doit pas nécessairement donner lieu, au fil des circonstances, à une étude détaillée concernant l'ensemble de la classe : les intentions du programme, la progression établie par le maître sont à prendre en compte. Une interprétation

large du texte des programmes de 1995 peut amener à considérer que cette question peut être abordée à propos de "*ombre et lumière*", mais cela s'intègre-t-il dans les progressions de cycle établies dans l'école ? Les autres domaines du programme que les maîtres avaient prévu de traiter l'ont-ils été ? Comme dans l'exemple précédent, on constate à l'évidence que, si l'on décide cependant d'aborder ce sujet, on ne pourra aboutir à une interprétation complète du phénomène observé. Il serait impensable d'entreprendre à l'école primaire une étude, même sommaire, du phénomène d'interférences à l'origine des irisations de la flaque d'huile ou des bulles de savon. L'observation de ces irisations, de celles constatées à la surface d'un disque compact, dans les plis des voilages des fenêtres, l'observation des couleurs de l'arc en ciel ou de celles vues au bord d'un verre épais permettent cependant d'expérimenter sur la composition de la lumière blanche, et d'énoncer des connaissances à ce sujet : la lumière blanche est formée par la superposition de nombreuses couleurs. On peut "décomposer" la lumière blanche pour faire apparaître ces couleurs ; on peut aussi obtenir de la lumière blanche en superposant des couleurs. Le fait que pour certains dispositifs (flaque d'huile, bulles de savon, surface du disque compact) les couleurs apparaissent en conséquence du phénomène d'interférences alors que dans d'autres (arc en ciel, bord du verre épais) elles sont la conséquence de la dispersion reste évidemment totalement hors du champ de l'école primaire.

que deviennent les aliments que nous mangeons ? Pour répondre à cette question les élèves vont s'appuyer sur l'observation de leur propre comportement alimentaire : après avoir subi une mastication et s'être éventuellement imprégnés de salive dans la cavité buccale les aliments sont transformés en une sorte de bouillie qui est acheminée ensuite dans l'œsophage. Des documents (photographies par exemple) ou des travaux pratiques (dissections par exemple) confirmeront cette transformation des aliments dans le tube digestif. En fait, les élèves relient essentiellement la transformation des aliments au cours de leur trajet dans le tube digestif à l'action de phénomènes mécaniques. Les transformations chimiques ne leur sont pas encore accessibles. À l'école, l'objectif de connaissance est bien cette notion de transformation, dans le tube digestif, des aliments consommés. La nature chimique de ces transformations ne sera abordée qu'au collège.

Par ces exemples, nous avons voulu montrer que des connaissances peuvent être formulées même si la totalité du phénomène ne peut être expliquée à des élèves de l'école primaire, pas plus qu'elle ne l'est, d'ailleurs, aux élèves du collège et même du lycée (science sans patience...). Dans d'autres cas (fusion de la glace, ébullition de l'eau...) l'étude pourra conduire à des lois précises, expliquant les phénomènes observés, lois qui peuvent être réinvesties dans d'autres situations : l'eau existe sous trois états, solide (la glace), liquide, gazeux (la vapeur d'eau). La vapeur d'eau est invisible (ce que l'on voit au dessus de la casserole dans laquelle l'eau bout est un brouillard de fines gouttelettes d'eau produites par la condensation de la vapeur). Lorsque l'on chauffe de l'eau à l'air libre, la température reste constante dès que l'eau commence à bouillir et tant que l'on entretient l'ébullition et qu'il reste de l'eau dans le récipient. Ainsi, pour faire cuire les légumes, il n'est pas utile de "pousser le gaz" pour faire cuire "à gros bouillons" : tant que l'apport de chaleur est suffisant pour entretenir l'ébullition, la température reste la même. Toutefois, là encore, on ne peut pas nécessairement tout expliquer et tout comprendre dès l'école primaire. Ainsi, on présente souvent comme une connaissance fondamentale le fait que la température d'ébullition de l'eau est 100°C. Or cela n'est vrai que dans certaines conditions (en haute montagne, l'eau bout à une température plus faible, dans un autocuiseur l'eau bout à une température plus élevée).

Doit-on systématiquement aborder à l'école primaire ces questions qui font intervenir la notion de pression de l'air, délicate à ce niveau ? N'est-il pas suffisant d'acquérir solidement le fait qu'il y a un palier de température pendant l'ébullition, que la température de ce palier est de l'ordre de grandeur de 100°C et de reporter au collège ou au lycée une étude plus détaillée ?

Pour tenter d'éviter cette dérive du "tout méthodologique", la direction de l'enseignement scolaire a, le 29 mai 1998, envoyé dans toutes les circonscriptions vingt "fiches connaissance" qui expriment, en des termes accessibles à des élèves du cycle III, les connaissances sous-jacentes aux programmes de 1995 de l'école élémentaire. Ces fiches sont actuellement disponibles sur le serveur de l'INRP, www.inrp.fr/lamap/ et sur le serveur du CNDP www.cndp.fr/ecole/.

Les précautions qui sont prises dans la présentation de ces fiches ne suffisent pas, à elles seules, à éviter le risque de dogmatisme, dans un enseignement où les connaissances citées seraient dictées indépendamment de toute démarche de construction par les élèves. L'ensemble des textes présentant le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie montre bien à quel point cette dérive dogmatique serait nuisible à la formation des élèves.

Ces fiches ne suffisent pas non plus, à elles seules, à permettre à l'enseignant de déterminer le niveau "admissible" des énoncés destinés aux élèves au cours de la démarche expérimentale. La glace placée dans un milieu dont la température est supérieure à 0°C "fond" : c'est la fusion, qui désigne un changement d'état. Mais, pour les élèves, le sel "fond" dans l'eau, le sucre aussi, alors qu'il ne s'agit plus là de changements d'état. De même, pour les élèves (et même pour certains manuels...) lorsqu'on verse de l'acide chlorhydrique sur le calcaire, celui-ci "fond" alors qu'il s'agit d'une réaction chimique et pas du tout d'un changement d'état. De la même façon, on dit couramment que le chocolat "fond" lorsqu'on le chauffe, alors que si le chocolat chauffé peut couler, cela résulte de phénomènes complexes que l'on ne peut pas assimiler au changement d'état d'un corps pur tel que l'eau. Autre exemple : la transformation des aliments dans le tube digestif (phénomène à la fois physique et chimique, comme nous l'avons mentionné précédemment) est fréquemment désignée par le terme "liquéfaction" alors qu'il ne s'agit pas d'un changement d'état analogue à la liquéfaction de la vapeur d'eau.

Doit-on accepter ces formulations scientifiquement incorrectes, pour ne pas freiner la curiosité et l'expression des élèves ? Dans quels cas doit-on au contraire tenter d'introduire un vocabulaire correct, pour préparer l'acquisition de connaissances rigoureuses et ne pas gêner cette acquisition par des approximations qui risquent de laisser des traces ? Cette question est posée par le rapport de l'IGEN précédemment cité, qui précise :

"la phase de confrontation des résultats avec le savoir savant est particulièrement délicate. Il convient de développer la rubrique "conclusions" en ne retenant pas une formulation unique. Il faut présenter un jeu de formulations issues du terrain, une douzaine par exemple, en commentant celles qui sont acceptables vis à vis du savoir scientifique constitué, et en recensant, avec justifications, celles qui ne le seraient pas et que le maître ne peut pas accepter".

Ce travail reste à accomplir, on ne peut que souhaiter que de nombreuses circonscriptions s'y impliquent.

Quel est le rôle de l'expérience réalisée par les élèves ?

Nous l'avons vu, l'expérience réalisée par les élèves a sa place au lycée dès 1902 et sa place de principe à l'école primaire dès 1923 ou 1970 selon la façon d'analyser les choses.

Cette place, qui fait l'une des originalités de l'enseignement français, est très généralement reconnue comme positive, ou même indispensable : la réalisation d'expériences répondant à de vraies questions met l'élève en situation d'activité, donnant du sens à sa démarche et un contenu aux connaissances construites. Elle développe aussi chez les élèves un "*comportement social et moral*" lié au fait que, ici, c'est à propos d'observations et d'expériences effectivement réalisées que l'on a à échanger et débattre. Elle favorise enfin les apprentissages liés à la langue, en particulier lors des échanges verbaux entre les enfants conduisant une manipulation et au cours de la phase de rédaction des hypothèses, des observations et des conclusions.

Ainsi, "La main à la pâte" accorde une importance toute particulière au cahier régulièrement renseigné par les élèves, où sont notées les questions posées, les expériences réalisées, les conclusions qui en sont tirées, par l'élève seul ou par la classe tout entière, après confrontation et discussion des résultats de chacun. De ce point de vue, on note dans les conseils diffusés par la direction des écoles en 1997, l'existence de la rubrique "Question posée", puis "Expérience que je pense réaliser", puis "Ce que je pense qui va se passer lorsque je réaliserai l'expérience". Cette dernière rubrique revêt une importance toute particulière. En effet, elle permet de confronter les représentations préalables de l'élève aux phénomènes réellement observés et contribue à une construction plus solide des connaissances.

Sans remettre en aucune façon en cause la place de l'expérience réalisée par les élèves, il convient cependant d'être attentif à une dérive "empiriste" qui laisserait croire aux enfants (et aux enseignants) que tout "sort" d'une expérience (une seule, la mienne), indépendamment d'une référence au savoir constitué.

De façon quelque peu provocatrice, et pour prendre pendant quelques instants le contre-pied de cette idéologie empiriste, nous pensons parfois que, en fait, on ne voit que ce que l'on sait déjà !

Préciser cette formulation "à l'emporte-pièce" suppose des développements excédant quelque peu le cadre de ce texte. Il s'agit seulement de souligner ici le fait que, lorsque l'on se pose une question qui conduira à une expérimentation, lorsque l'on décide que tel ou tel paramètre est pertinent et que c'est ce paramètre dont on étudiera l'influence sur le phénomène étudié, on est guidé par ses propres représentations ou par l'état de la connaissance scientifique au moment où l'on conçoit l'expérience. Peut-être l'expérience va-t-elle contredire mes représentations préalables ou "falsifier" le modèle scientifique communément admis, mais cela dans les limites de la question que je me suis posée et des paramètres pertinents à mes yeux, compte tenu du fait que j'ignore ce que j'ignore !

Les hypothèses faites pour réaliser une expérience sont en effet conditionnées par nos connaissances ou nos représentations préalables. Faute de connaissances préalables suffisantes (connaissances dont dispose le maître afin de guider le travail des élèves, grâce à sa formation initiale, aux documents pédagogiques et aux manuels disponibles), on peut oublier dans la conduite de l'expérience de prendre en compte certains facteurs et aboutir à des conclusions erronées. De plus, on ne peut espérer que "sorte" spontanément d'une

expérimentation conduite par les élèves certaines représentations scientifiques ou certaines lois que l'humanité a parfois mis des siècles à élaborer : le savoir du maître, la confrontation avec le savoir constitué sont ici d'un incontournable apport.

Ainsi, une expérimentation "libre" sur les ombres, après distribution d'un matériel du type lampe de poche + écran + objets ne conduira pas "spontanément" à l'idée de propagation rectiligne des rayons lumineux : la notion de "rayon lumineux" est en soi une abstraction, une construction théorique, qui n'émerge pas nécessairement d'une observation, même rigoureuse. La phase d'expérimentation spontanée devra donc, en classe, être suivie d'une mise en commun des résultats, et d'une reformulation par le maître des questions relatives aux situations observées, pour aider les élèves à construire, grâce à de nouvelles expériences, l'idée de propagation rectiligne. (Il faut savoir pour aider les élèves à voir...). Les élèves auront alors plaisir à faire "fonctionner" le modèle du rayon lumineux ainsi élaboré en expliquant, grâce à des schémas, les observations qu'ils ont faites sur la taille et la forme des ombres et en prévoyant les résultats d'autres expériences.

En biologie les observations ou les expériences réalisées sur un seul être vivant ne peuvent être généralisées à l'ensemble, pas même à l'ensemble des êtres vivants de la même espèce. Des vérifications complémentaires sont nécessaires. Généraliser hâtivement le comportement alimentaire d'un animal élevé en classe peut conduire à un certain nombre d'erreurs. En effet, quelquefois à l'insu de l'enseignant, les élèves habituent l'animal à leurs propres aliments et tel cochon d'Inde pourtant connu comme un herbivore ne dédaignera pas les petits morceaux de jambon ou de pâté. Pour éviter une généralisation erronée il faut donc se garder de tirer une conclusion d'une observation ponctuelle mais s'appuyer sur plusieurs observations étalées dans le temps et concernant le même être vivant et rechercher ensuite une confirmation en réalisant, lorsque cela est possible, d'autres observations avec des êtres vivants de la même espèce, puis confronter les observations avec le savoir constitué (manuels, encyclopédies, documents présents dans la classe ou provenant d'autres sources de documentation).

En outre, les représentations préalables des élèves peuvent conduire à des expériences où une généralisation hâtive conduit à une conclusion fautive.

La plupart des élèves pensent que les objets plats flottent mieux que les objets "en boule" ou pointus. Une expérience simple permet de le "prouver" : une petite galette mince et bien plate de pâte à modeler flotte si on la pose bien horizontalement à la surface de l'eau alors que la même quantité de pâte à modeler à laquelle on donne une forme de boule coule. L'hypothèse faite par les élèves semble parfaitement confirmée par l'expérience. Il ne reste plus qu'à noter la conclusion... Une confrontation au savoir constitué conduit toutefois rapidement à penser que certains facteurs ont sans doute été omis dans l'expérience : en effet, la poussée d'Archimède (qui est dans la plupart des cas à l'origine du fait que les objets flottent) ne fait intervenir, pour les objets pleins, que la densité de la substance par rapport à l'eau. La pâte à modeler, plus dense que l'eau, ne peut flotter sous le seul effet de la poussée d'Archimède. Et pourtant... La galette de pâte à modeler est, comme tout autre objet, soumise de la part de l'eau non seulement à la poussée d'Archimède (insuffisante pour la faire flotter), mais aussi à des forces de tension superficielle importantes, car la pâte à modeler est "grasse". On constate alors que l'on ne peut généraliser l'affirmation selon laquelle les objets plats flottent : une aiguille à coudre graissée par un peu d'huile et posée délicatement à la surface de l'eau

flotte sous l'effet des forces de tension superficielle, alors qu'elle n'est pas plate. Une plaque de métal bien dégraissée posée à la surface de l'eau coule. En fait, dans la plupart des expériences faites d'habitude sur "flotte ou coule", les forces de tension superficielle sont très petites par rapport à la poussée d'Archimède. On les néglige pour conclure qu'un objet plein plus dense que l'eau coule et qu'un objet plein moins dense que l'eau flotte. Petit "tour de magie" pour le confirmer : quelques gouttes de liquide détergent versées à côté de la galette de pâte à modeler diminuent la tension superficielle, et la galette coule !

CONCLUSION

Nous avons souhaité dans ce texte replacer l'enseignement des sciences à l'école primaire dans son contexte historique et insister sur quelques aspects fondamentaux de cet enseignement, notamment la confrontation des résultats du travail des élèves au savoir constitué. L'exigence de rigueur intellectuelle nécessaire, en particulier lors de la pratique d'une démarche expérimentale, ne doit pas freiner l'approche innovante déjà mise en œuvre par les enseignants fortement impliqués dans le "pôle innovant" qu'est "La main à la pâte". Cependant, afin que l'ensemble de l'école primaire bénéficie de l'innovation et s'engage dans la rénovation de l'enseignement des sciences, gardons-nous de laisser penser que chaque enseignant, dans sa classe, doit tout aborder, tout créer, tout inventer, tout retrouver : c'est en s'appuyant sur le travail déjà fait, les documents déjà produits et en définissant des objectifs précis et réalistes que chacun pourra intégrer les fruits de l'innovation.

Ce rappel historique et méthodologique justifie à lui seul la mise en place d'un plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie appelé à jouer un rôle moteur à l'école et au collège. La postulation est double : refonder l'enseignement scientifique et technologique d'une part, permettre d'autre part à l'école élémentaire de mieux effectuer la synergie entre champs disciplinaires différents.