

LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Françoise DROUARD
Inspectrice de l'Éducation Nationale honoraire

Le but de l'article¹ est de décrire succinctement et d'illustrer le déroulement de la démarche d'enseignement des sciences qui a été préconisée en France par l'opération « La main à la pâte » (1996) puis par le plan de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école primaire (2000) et, enfin, par les programmes officiels de l'éducation nationale pour l'école primaire (2002, 2007, 2008) ainsi que dans les documents d'accompagnement et d'application des programmes 2002.

Ce déroulement a été illustré par un schéma, élaboré par l'auteure en 2000 pour les besoins de la formation continue des professeurs des écoles, puis pour le groupe de rénovation de l'enseignement des sciences en Isère, groupe que l'auteure pilotait. Ce schéma a été repris sur Internet dans un article du site de « La main à la pâte » (Saltiel, 2007). Au départ, il était accompagné d'un commentaire que cet article reprend et complète, passant en revue les différentes phases de la démarche et se terminant par un examen des variantes de la démarche d'investigation.

Le schéma de la démarche

Présentation de l'organigramme

La démarche a été découpée en sept étapes qui sont commentées et illustrées dans les pages suivantes.

¹ Dans cet article, l'auteure utilise les principales rectifications et recommandations concernant l'orthographe faites en 1990 par l'Académie française et touchant en particulier les accents, le tréma, etc. L'orthographe rectifiée a été recommandée dans les programmes 2007. Elle est indiquée en option dans la plupart des dictionnaires dernièrement édités. On peut télécharger le guide sur <http://www.orthographe-recommandee.info> ou consulter la liste des mots concernés sur <http://www.renouvo.org/liste.php?t=3>

LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION RAISONNÉE EN SCIENCES

1- À partir d'une situation fonctionnelle ou d'une situation de départ fortuite ou provoquée (contexte de départ) :

Étonnement, curiosité, questionnement



Formulation d'un problème à résoudre



2- Par le raisonnement et en utilisant ses connaissances :

Explications, réponses possibles, représentations de la solution



Formulation des hypothèses à tester



3- Selon la nature du problème et des hypothèses, établissement d'un protocole ou de plusieurs protocoles :

<p><i>Expérimentation</i></p> <p>prévoir le dispositif ; ne faire varier qu'un facteur à la fois ; recueillir les résultats par l'observation ou la mesure</p>	<p><i>Tâtonnement expérimental</i></p> <p>prévoir divers essais ; comparer les résultats</p>	<p><i>Modélisation</i></p> <p>raisonner par analogie ; vérifier en construisant un modèle</p>	<p><i>Observation</i> de la réalité ou exploitation de documents de première main (imagerie, données chiffrées, résultats d'expériences...)</p>	<p><i>Recherche documentaire</i></p> <p>par la lecture (support papier ou électronique) ; par l'interview de personnes compétentes</p>
---	---	--	--	---

Réalisation des protocoles



4- Constatation des résultats et comparaison avec l'hypothèse



Validation (confirmation) ou non de l'hypothèse ou de certaines hypothèses



5- Synthèse de l'ensemble des hypothèses validées et invalidées



Structuration du savoir construit en réponse au problème posé



6- Confrontation au savoir savant

*

7- Réinvestissement dans de nouvelles situations (recontextualisation)

Premiers commentaires sur cet organigramme

La formulation du titre

Il s'agit bien d'une **démarche** d'enseignement c'est-à-dire d'activités organisées à partir d'une interrogation et visant la construction d'une réponse².

Dans une première version de cet organigramme, le titre était « **investigation/structuration** » pour insister sur l'objectif de construction d'un savoir. On a parfois utilisé « réfléchie » au lieu de « raisonnée » pour qualifier l'investigation : dans les deux cas, il s'agit d'insister sur l'**activité intellectuelle** dans une démarche qui ne se réduit pas à « faire des expériences ». Dans un article, Jean-Yves Cariou (2006) a dénoncé la possibilité d'une dérive activiste qui ne laisserait pas aux élèves le temps et les moyens de s'approprier intellectuellement le problème et les hypothèses et il souligne que l'expression « La main à la pâte » n'a traduit que la première partie de l'expression américaine de départ qui était : « *Hands on, mind on* »³.

Il faut signaler aussi que cette démarche est parfois baptisée par certains auteurs démarche « scientifique » ou « expérimentale », l'**investigation** ne désignant alors que la phase 3 (Nomblot, 2006). Chez d'autres auteurs (Rolando, 2003 ; traduction de Harlem, 2004), le mot « investigation » est remplacé par le mot « **enquête** », sans changement de sens.

Les étapes et la présentation linéaire

On pourrait considérer que la démarche d'investigation raisonnée, au sens strict, concerne seulement **les étapes de 2 à 5** puisqu'elles conduisent du problème posé à la résolution de ce problème. **L'étape 1** occupe en effet une place particulière : c'est elle qui permet de faire émerger un problème ; elle prend des formes extrêmement variables et des durées diverses comme on le verra plus loin. Quant aux **étapes 6 et 7**, elles ont un rôle essentiel, même s'il est très différent de celui que jouent les autres phases constitutives de la démarche. On ne doit cependant pas les tenir pour accessoires ; elles sont un complément indispensable, comme on le montrera plus loin.

Comme il s'agit tout aussi bien d'un déroulement logique que d'un déroulement chronologique, l'adoption d'une présentation linéaire s'impose. Évidemment, dans la réalité de la classe, sans remettre en cause la succession des étapes, ni la signification de chacune d'elles, des raccourcis, des allers et retours, des boucles (Saltiel, 2007) peuvent bouleverser la linéarité de ce schéma idéal qui n'est qu'un outil intellectuel.

De la situation de départ à la formulation du problème

Différentes situations de départ

Une **situation fonctionnelle** est une situation qui a une fonction autre que celle de servir de point de départ à une séquence de sciences – au moins dans l'esprit des élèves –. C'est un des avantages de la position de professeur unique à l'école élémentaire que de pouvoir, par exemple, exploiter en sciences une situation vécue dans une autre discipline ou à l'occasion de la réalisation d'un projet.

² Séminaires du Ministère de l'éducation nationale (2000), *Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience (Canevas d'une séquence)*.

³ Que l'on pourrait traduire par : « les mains et le cerveau au travail » ou « avec les mains et avec la tête ».

Exemple dans une classe de CE1⁴

Des élèves de CE1 vont à pied à la piscine. Sur le trajet, de nombreuses observations sont possibles, sur le temps qu'il fait, les plantes et les animaux rencontrés, la circulation, les panneaux, les ordures, les commerces... Ces observations, évoquées au retour en classe, peuvent entraîner des remarques et des questions, puis de nouvelles observations bien délimitées sur l'eau, la vie des plantes, etc., ce qui rentre dans le programme de découverte du monde au cycle 2.

Très souvent, la **situation de départ** est **provoquée** par l'enseignant dans le seul but de déclencher les remarques et questions qui alimenteront l'élaboration du problème à résoudre.

Exemple dans une classe de CE2

Pour aborder la question du développement des animaux, l'enseignant, au lieu de partir d'une observation continue d'un élevage, propose la découverte par les élèves d'un élevage de vers de farine qu'il a mis en route trois semaines auparavant. Les élèves identifient trois sortes de bestioles dans la boîte alors que l'enseignant témoigne qu'il n'avait mis que l'une des trois, le problème se pose de savoir comment les deux autres sont arrivées là.

Dans les situations provoquées, on peut noter une tendance actuelle qui est de partir d'albums de fiction ou de fiction documentaire. Par exemple, l'article de Bruguière et al. (2007) relate la construction d'un questionnement dans un CE1 à partir de l'album « *Un poisson est un poisson* » de Léo Lionni. On retrouve cette tendance également dans le catalogue CELDA+ASCO (2008, pp. 344-345) avec l'album « *Archéo, le fossile du zoo* » et le fichier d'exploitation cycle 3 « classification et évolution » ou l'album « *Le rêve d'Estelle Pipistrelle* » et le fichier d'exploitation cycle 2 « comparaisons et classements ».

Toutes les situations précédentes peuvent être prévues et pensées par l'enseignant, mais il existe aussi des **situations fortuites** qui peuvent éventuellement devenir un point de départ pour une investigation, « fortuite » ne signifiant pas « imprévisible », mais seulement « non programmable » ; citons : une maman enceinte, un père d'élève apiculteur, un élève qui revient avec un plâtre, une panne de courant, une tache à enlever.

Des possibilités de réduire la situation de départ

Il semble évident que plus les élèves sont grands, plus il est facile d'évoquer des situations sans avoir besoin de leur faire vivre à nouveau car ils les connaissent déjà – ou sont censés les connaître –. À condition que tous les élèves se représentent bien ce dont on parle, la situation de départ se trouve ainsi limitée à la discussion qui aboutira au problème à résoudre. On parle alors de simple **contexte d'évocation**.

Contextes d'évocation au cycle 3 sur le thème de la respiration

Les activités scolaires : séances d'éducation physique et sportives (course longue ; natation, etc.) ; séances d'éducation civique (règles d'hygiène ; risques majeurs ; prévention des conduites dangereuses, etc.).

La vie quotidienne : santé/médecine (examen médical ; radiographie des poumons ; affections et maladies comme l'asthme ou la mucoviscidose, ...) ; dans les médias (alerte à la pollution

⁴ Tous les exemples cités sont tirés de l'expérience de l'auteure en tant qu'inspectrice.

de l'air ; cas d'intoxication à l'oxyde de carbone ; noyade ; ascension sans oxygène ; record de plongée en apnée, ...).

On a aussi la possibilité d'aller directement au problème à résoudre ; ceci se produit quand l'enseignant lance un **défi** aux élèves. La situation de défi arrive assez naturellement quand on veut enchaîner un nouveau problème à celui qui vient d'être résolu.

Exemple de défi au cycle 3 sur le thème des changements d'état

« Vous avez montré que le glaçon fond (la glace se transforme en eau liquide) dès qu'il n'est plus au froid. Je vous mets au défi de garder un glaçon le plus longtemps possible dans la classe. »

La formulation du problème

La situation de départ suscite des remarques et des questions de la part des élèves qui dialoguent, discutent ; l'enseignant apporte également ses remarques et ses questions. Mais l'enseignant cherche à faire déboucher cette situation sur un problème à résoudre et c'est bien à l'enseignant que revient cette tâche de définir un sujet sur lequel les élèves vont pouvoir travailler, un sujet qui est en relation avec le programme et dont le traitement peut s'effectuer en classe ; c'est à l'enseignant aussi que revient la tâche de trouver une formulation efficace.

Si la situation de départ a été pensée pour déboucher sur un problème défini à l'avance, la tâche sera facile. Quoiqu'il en soit, l'enseignant a généralement intérêt à se ménager un temps de réflexion dans le déroulement de la séquence, entre la situation de départ et la formulation du problème à résoudre.

Des enseignants pensent pouvoir trouver une **aide** dans la lecture de certains manuels actuels qui proposent des énoncés de problèmes. Si certains sont efficaces, on est souvent surpris par la formulation de certaines questions : certaines peuvent donner à penser qu'on a seulement mis à la forme interrogative un titre conventionnel concernant le sujet traité⁵ ; d'autres ont une formulation qui risque d'encourager des représentations erronées⁶.

Tout énoncé sous forme de question n'est pas un problème à résoudre en science à l'école primaire et il faut faire la différence entre **question** et **problème** (Darley, 2007).

L'enseignant doit vraiment s'appuyer sur ce que les élèves ont dit pendant la situation de départ et, s'il veut utiliser des questions préexistantes, il lui faut faire preuve d'esprit critique et choisir ses sources⁷.

Sur le **cahier de sciences**, le titre ne sera le problème à résoudre qu'en cas de défi. La plupart du temps, le thème inscrit en titre n'est pas le problème lui-même. On trouve ensuite une introduction racontant quelles activités on a menées et le problème lui-même fera, par exemple, l'objet d'un encadré à la suite de l'introduction.

Exemple d'un extrait de cahier de sciences au CE2 – Les petites bêtes

On a découvert une boîte d'élevage aujourd'hui. Dans la boîte, il y a trois sortes de bestioles

⁵ Exemple : *Quels sont les besoins des végétaux ?* (2005) Belin.

⁶ Exemple : *Comment la graine aide-t-elle la jeune plante à grandir ?* (2005) Belin.

⁷ De bons exemples dans les guides du maître, collection Tavernier, chez Bordas, continuellement réédités depuis les années 70.

des vers de farine, une sorte de scarabée noir, une bestiole blanche recourbée. Il y a aussi du son et des sortes de peaux.

Mais il y a un mois, on y avait mis des vers de farine achetés dans une animalerie et du son.

Comment peut-on expliquer la présence de deux nouvelles sortes de bestioles avec les vers de farine ?

Du problème à résoudre aux hypothèses à tester (étape 2)

Les réponses des élèves au problème

On distinguera deux types de déroulement :

- Si la situation de départ a permis aux élèves de rentrer dans la démarche, le problème est certainement compréhensible pour eux et on va pouvoir enchaîner sur les réponses.
- Par contre, si le problème a été posé aux élèves sans situation de départ préalable, la classe doit se l'approprier et ceci suppose un temps de discussion où vont se mêler remarques, nouvelles questions, suppositions, affirmations...

Les élèves vont maintenant faire des réponses au problème posé, en fonction de ce qu'ils savent déjà. On a le choix entre un travail d'emblée collectif ou une activité d'abord individuelle ou en petit groupe (de deux à six élèves). On notera sur le cahier de sciences, une formule du genre : « *Voici les réponses de la classe : ...* » ou « *Voici la réponse de mon groupe : ...* » ou « *Voici ce que je pense : ...* ».

Le débat autour des premières réponses

Que les premières réponses soient formulées individuellement ou par groupe, qu'elles soient d'abord écrites ou directement orales, elles constituent le matériau sur lequel va se construire le **débat**, phase très importante de la démarche, où le rôle de l'enseignant est prépondérant et délicat. C'est dans cette phase que l'aspect constructiviste de cette pédagogie apparaît le plus nettement : contrairement aux phases dialoguées classiques, il ne s'agit pas de rechercher la « bonne » réponse, de la mettre en valeur en écartant les mauvaises ; il s'agit d'avoir suffisamment de recul sur le sujet et de réactivité par rapport aux trouvailles des élèves pour être le garant de la raison dans cette assemblée.

On peut avoir les réponses les plus extravagantes au problème posé, il ne s'agit ni de se moquer de l'élève qui a donné une telle réponse, ni de l'accepter telle quelle ; il s'agit soit de lui opposer la réponse d'un autre élève, soit de présenter soi-même un fait connu en contradiction avec cette réponse et de faire discuter cette opposition à toute la classe. Le but n'est pas de dire qui a tort et qui a raison dans la classe, mais de faire prendre conscience à toute la classe qu'il y a des réponses **possibles** à envisager et d'autres qui sont **impossibles**, en fonction de ce que l'on sait déjà et en faisant appel à la raison.

La formulation des hypothèses à tester

Le débat a pour finalité d'aboutir à la formulation de réponses acceptées par la classe comme **compatibles** avec le savoir qu'on a déjà, **recevables** après un examen rationnel et **testables** dans le cadre de la classe. Ces réponses sont les hypothèses de la classe (Darley, 2007) et on va les rédiger dans ce sens sur le cahier de sciences, en inscrivant,

par exemple, « *Voici l'hypothèse (ou les hypothèses) de la classe : ...* ». Ce sont parfois de vraies hypothèses explicatives, mais souvent ce sont seulement des prévisions sur ce qui va se passer.

Il faut bien faire la distinction entre les premières réponses des élèves et les hypothèses à tester qui sortent du débat scientifique.

« Où est passée l'eau de l'aquarium ? », dans une classe de CE1

La situation de départ est une situation fonctionnelle : les élèves font à tour de rôle un certain nombre de tâches nécessaires au bon fonctionnement de la classe. Parmi ces tâches, il y a le fait de remettre de l'eau dans l'aquarium pour maintenir le niveau. Mais où est passée l'eau de l'aquarium ? À cette interrogation, les élèves répondent oralement et l'enseignant note les réponses au tableau. Les voici : « *l'eau qui a disparu a été bue par les poissons qui sont dans l'aquarium ; elle a été bue par les plantes qui sont à côté de l'aquarium ; elle est partie dans l'air ; l'aquarium a une fuite ; il y a peut-être quelqu'un qui vient la nuit enlever de l'eau* ».

L'enseignant a le choix :

- prendre aussitôt ces premières réponses pour des hypothèses à tester ;
- organiser un débat qui élimine parmi les premières réponses celles dont on peut faire apparaître le caractère absurde et ne garder finalement que la « bonne réponse » à tester ;
- faire un débat pour transformer les réponses en hypothèses de deux types, celles qu'on pense être possibles et celles qu'on pense être impossibles. C'est cette option qui a été choisie, tenant compte ainsi de l'âge des élèves. Ainsi, même si des arguments rationnels ont commencé à détruire l'hypothèse selon laquelle les poissons avaient peut-être bu cette eau (**Si** les poissons buvaient toute cette eau sans la rejeter, ils seraient de plus en plus gros ; **or**, on ne les voit pas grossir, **donc** ils rejettent probablement l'eau qu'ils absorbent comme nous rejetons l'eau que nous buvons en faisant pipi), on testera l'hypothèse suivante : ce ne sont pas les poissons qui ont bu l'eau qui a disparu.

Parfois aussi, du débat sur les premières réponses ne sort pas une hypothèse à tester mais une reformulation du problème (voir l'exemple sur le trajet des aliments dans Orange, 2002).

Établir et réaliser un ou plusieurs protocoles pour tester la ou les hypothèses (étape 3)

Le choix du protocole à utiliser pour tester une hypothèse

Dans les textes concernant la rénovation de l'enseignement des sciences, on a toujours mis en avant l'**expérimentation**. Mais quand on lit les programmes, on constate que le choix des sujets à traiter est tel que l'expérimentation ne peut réellement être organisée que dans un nombre réduit de cas, ce qui n'empêche pas de mener à bien une véritable démarche d'investigation. On est donc obligé de prévoir l'existence d'autres méthodes comme l'observation ou même le recours à des documents.

Pourquoi le mot « protocole » ?

Ce mot existait déjà dans le *Canevas d'une séquence* préconisé par Ministère de l'éducation nationale dans son accompagnement des programmes 2002 (pp. 8-9). On pourrait utiliser à la place de *protocole* les termes de *planification* ou d'*organisation*.

Sur le site de « La main à la pâte », dans les questions-réponses, on trouve cette définition d'un protocole expérimental donnée par Alain Chomat : « *description précise des conditions et du déroulement d'une expérience qui permet d'aboutir à des résultats exploitables* ».

L'établissement d'un protocole démarre par la **réflexion sur l'hypothèse** : ce sont les **implications pratiques** de l'hypothèse que je vais tester.

Exemple dans une classe de CE1

Je fais l'hypothèse que l'eau qui a disparu de l'aquarium est passée dans l'air. Si l'eau est passée dans l'air, est-ce que je peux matériellement montrer qu'il y a de l'eau dans l'air au-dessus de l'aquarium ? Est-ce que je peux matériellement montrer que cette eau vient de l'aquarium ? Ou bien si j'empêche le contact entre l'air et l'eau, est-ce que je peux montrer que j'empêcherai le départ de l'eau ? ...

Choisir parmi les différents types de protocoles possibles

Il y en a cinq qui sont mis en évidence dans le schéma de la démarche page 2 alors qu'on distingue couramment trois grandes méthodologies, l'observation, l'expérimentation et le recours à la documentation : ici le tâtonnement expérimental a été détaché de l'expérimentation ; la modélisation a été ajoutée ; le recours aux documents a été coupé en deux, le travail sur documents bruts ayant été associé à l'observation. L'expérimentation a été mise en tête pour montrer l'intérêt porté à la démarche expérimentale.

L'expérimentation

Expérimentation : fait de recourir à l'expérience.

*Expérience : fait de provoquer un phénomène dans l'intention de l'étudier.*⁸

Le protocole propre à l'expérimentation comporte des points de passages obligés :

- Définir les objectifs de l'expérience donc savoir ce que l'on cherche ;
- Se représenter ce qui va se passer, quel sera l'état de départ, sur quoi on va agir et comment (un seul paramètre à la fois), ce qui pourra se passer et comment on s'en rendra compte (existence d'un témoin de l'état de départ) ;
- Prévoir le dispositif expérimental et dresser la liste du matériel nécessaire ;
- Préciser la succession des étapes de l'expérience ;
- Prévoir les conditions de l'observation des résultats (et des mesures s'il y en a).

C'est généralement dans les situations de **défis** que les élèves vont peu à peu sentir la nécessité d'établir des protocoles précis qui, seuls, permettent de comparer les résultats obtenus. De même, le fait d'avoir des groupes en parallèle qui font en principe les mêmes manipulations mais n'arrivent pas toujours aux mêmes résultats obligent à s'interroger sur la nécessité de bien préciser tous les facteurs.

⁸ Les définitions en italiques sont tirées d'un dictionnaire de langue.

Exemple au cycle 3

Les élèves avaient comme défi le fait de faire fondre un glaçon le plus rapidement possible. Chaque petit groupe a mis au point un protocole. Lorsque le matériel a été réuni, les manipulations ont eu lieu. Deux groupes avaient eu la même idée : mettre le glaçon dans l'eau chaude, mais les deux durées obtenues n'ont pas été les mêmes. Évidemment, il s'agissait de savoir ce qui avait pu causer cette différence et comment on pourrait annuler les causes de ces différences dans un nouvel essai : la taille des glaçons donc la quantité de glace à faire fondre n'était peut-être pas la même ; la température de l'eau n'était peut-être pas la même ; le volume d'eau chaude n'était peut-être pas le même ; le déclenchement de la mesure du temps n'a peut-être pas été effectué de la même manière...

Le tâtonnement expérimental

Tâtonnement : essai hésitant et renouvelé pour trouver quelque chose.

Il y a des cas où l'expérimentation telle qu'elle est définie dans le paragraphe précédent n'est pas possible.

Exemple sur les préférences alimentaires des animaux

Faire l'hypothèse que le canari mange de la viande et tester l'hypothèse en lui donnant uniquement de la viande à manger n'est pas respectueux de la vie animale. Aussi travaille-t-on plutôt dans ces cas là sur les préférences alimentaires, en faisant l'hypothèse que si on donne le choix entre plusieurs aliments, l'animal mangera de préférence ce qui se rapproche le plus des aliments qu'il a l'habitude de consommer ; on va donc tâtonner dans le choix des aliments jusqu'à trouver ce qui est consommé et le proposer à nouveau en vérifiant ce qui est préféré.

On retrouve la même difficulté face à des affirmations du genre « tout ou rien » qui négligent l'aspect quantitatif.

Exemple sur les besoins en eau des plantes

On ne peut pas longtemps se contenter de l'opposition « avec de l'eau » ou « sans eau » choisie au départ. Si plusieurs groupes d'élèves font la même manipulation « avec de l'eau », on constatera que les résultats ne sont pas les mêmes et, dans ce cas, la réflexion pourra conduire à considérer la quantité d'eau comme une variable à tester. Choissant une unité de mesure, par exemple la cuillère à soupe, on pourra décider de refaire des essais par exemple en doublant à chaque fois la quantité d'eau (une, deux, quatre... cuillères à soupe).

La modélisation

Modélisation : matérialisation en laboratoire de l'idée que l'on se fait du fonctionnement de quelque chose afin de pouvoir vérifier la représentation et de pouvoir expérimenter sur le modèle construit.⁹

⁹ La modélisation en sciences peut prendre d'autres aspects. Voir par exemple : Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique (2007), ASTER n°43.

Quand un laboratoire construit une maquette de la baie du Mont Saint Michel pour étudier les mécanismes d'ensablement de la baie et les effets de certains équipements, la réalité a été bien étudiée, de nombreux facteurs sont pris en compte et, à l'échelle près, on peut considérer que le modèle fonctionne **comme** la réalité.

La construction du modèle ne permet pas de découvrir le mode de fonctionnement de la réalité mais plutôt de **tester l'idée qu'on s'en fait** et de pouvoir tester des perturbations qui n'ont pas pu être étudiées dans la réalité.

Exemple de la modélisation dans l'étude du fonctionnement des articulations

Quand on cherche à bricoler un modèle de fonctionnement de l'articulation bras/avant-bras avec des planchettes, figurant les os, et des ficelles, figurant les muscles, c'est parce qu'on a déjà exploré la constitution des membres (observation du gonflement du biceps au moment de la flexion ; prise de conscience par la palpation de la présence des os ; vérification par l'observation de radiographies, etc.) et qu'on a donc une représentation du fonctionnement. En général, à ce stade-là du travail, on s'interroge sur l'endroit précis où s'attachent les muscles et la maquette va permettre d'explorer cet aspect des choses, de même qu'elle pourra pousser à chercher par quel mécanisme l'avant-bras ne dépasse pas la position dans le prolongement du bras et ne peut pas plier vers l'arrière.

Il faut se méfier de cette utilisation de la modélisation surtout si elle ne sert qu'à **illustrer** une explication et véhicule des représentations fausses par ce qu'elle donne à voir.

L'observation

Observation : constatation attentive des objets ou des phénomènes tels qu'ils existent ou se produisent, sans volonté de les modifier.¹⁰

Pourquoi avoir mis ici, dans un même protocole, l'observation (objets, évènements) et l'exploitation de documents (« de première main » ou « bruts ») qui sont habituellement séparés ?

Parce que, dans de nombreux cas, la réalité n'est pas directement observable et que des **documents de substitution** peuvent la remplacer : ce sont des films, des photos, certains dessins. Ils peuvent montrer un phénomène se déroulant dans le temps, qu'on peut accélérer ou dont on peut montrer les étapes (la croissance d'une plante, ...) ou bien qu'on peut ralentir ou décomposer en phases (les battements d'ailes, ...). Ils permettent aussi de changer d'échelle et de point de vue (vues prises au microscope, ...). Ils permettent encore de voir des endroits peu accessibles (au fond de la mer, ...). Ils permettent de mettre en évidence des éléments non directement visibles (radiographies, ...) ou audibles (chant des baleines, ...).

Dans d'autres cas, l'hypothèse implique l'analyse de données que les élèves ne peuvent pas récolter mais qui l'ont été par des spécialistes : ce sont des données chiffrées, issues de comptage, de mesure, impliquant des instruments, des temps longs, etc. Ce sont aussi des résultats d'expériences ou d'observations qu'on ne peut pas faire à l'école mais que des spécialistes ont faites (l'analyse du contenu de l'estomac d'un poisson ; l'analyse du sang à l'entrée et à la sortie du foie, ...).

¹⁰ Voir également Guichard (1998).

Dans tous les cas, il s'agit de données qui, bien entendu, résultent d'un travail humain mais :

- La **médiation** est **minimale** ; les données ne sont accompagnées d'aucun commentaire et n'ont pas subi de travail d'interprétation. Ce dernier reste à faire, comme reste à faire la mise en relation des faits rapportés avec d'autres faits.
- Elle est parfaitement **définie**, la technique est transparente, les instruments utilisés sont connus. À chaque fois qu'un document de ce type est fourni, les élèves doivent avoir, au moins oralement, une information sur la méthode d'obtention des résultats présentés.

La recherche documentaire

Recherche documentaire : recherche de documents et recherche sur documents pour trouver des informations construites par d'autres personnes et susceptibles de répondre au questionnement.

Elle désigne la lecture de documents dits « de seconde main » ou le recueil des réponses d'une personne qu'on interroge.

Les documents sont de seconde main par rapport aux documents évoqués précédemment : ici on a affaire à des écrits encyclopédiques, documentaires ou informatifs caractérisés par un traitement important des données conduisant non seulement à fournir - parfois - des données brutes mais aussi leur interprétation et l'explication des phénomènes. Ces documents sont de qualité variable à plusieurs points de vue :

- la valeur des sources utilisées et le caractère scientifique des informations diffusées ;
- la valeur didactique à travers les choix opérés au niveau du discours, des illustrations de la mise en page...en fonction du public visé et du sujet traité ; etc.

La réalisation du ou des protocoles

L'organisation du travail

La réalisation du protocole suppose une organisation du travail qui va de la détermination du matériel nécessaire à sa mise à disposition, de l'organisation des groupes à la répartition des tâches, de l'organisation des activités dans le groupe à l'organisation de la communication dans la classe, d'une définition des traces écrites attendues à un calendrier du déroulement des travaux...

Même si on a soigneusement mis au point une procédure, rassemblé le matériel nécessaire, programmé le déroulement des opérations, il faut s'attendre à avoir des surprises au moment de la réalisation. L'objectif n'étant pas de faire une démonstration qui devrait être réussie, mais d'intéresser les élèves à la recherche et de les entraîner à réfléchir et discuter, tout incident peut être mis à profit et servir la démarche d'investigation.

Les traces écrites¹¹

Selon l'âge des élèves et les apprentissages précédemment menés, on pourra soit prévoir une **prise de notes** pendant la réalisation pour la rédaction d'un compte rendu en fin

¹¹ Voir l'annexe 1. Et les articles d'Anne Vérin dans les revues *Repères* n°12, *Repères* n°21, *Aster* n°33.

de recherche, soit la rédaction au fur et à mesure, directement au propre. L'enseignant peut servir de scribe, notant sur une feuille ou sur une affiche, pour chaque groupe, ce qu'il faut retenir ; ou bien, un outil est prévu et un élève en est responsable (planchette avec feuille de prise de notes préparée) ; ou bien chaque élève ou chaque petit groupe est responsable de ses notes, directement sur le cahier de sciences, au brouillon ou sur une feuille préparée.

Dans deux domaines, il me semble utile d'avoir une attente précise : les croquis ; le vocabulaire.

Concernant les **croquis**, on a intérêt, dès le CP, à discuter avec les élèves des modalités de réalisation pour obtenir ce qui sera le plus adéquat par rapport à la situation. Une des variables qui devra être fixée est le point de vue adopté (est-ce qu'on regarde par-dessus ? de côté ?) et le but du croquis réalisé (montrer quel est le niveau de l'eau ? Montrer de combien de parties est composé le corps d'un papillon ? etc.).

Pour les phénomènes se déroulant et évoluant dans le temps, l'idée d'un croquis de la situation de départ et d'un autre après une durée déterminée est importante à faire remarquer. On peut préférer l'analyse a priori de la situation pour fixer les contraintes au départ, ou au contraire, souhaiter que les élèves s'aperçoivent eux-mêmes en fin de protocole qu'ils ont oublié de prendre des repères, ce qui les oblige à recommencer...

Quant au **vocabulaire**, c'est un problème important : les mots du langage courant adoptés pour décrire des phénomènes sont souvent ambigus parce qu'approximatifs ou polysémiques. La brochure du MEN sur l'enseignement des sciences signale, par exemple, l'utilisation du verbe « fondre » pour désigner des phénomènes différents (la glace, le sel, le chocolat fondent) et le risque de confusion qui en résulte. Il est donc important que l'enseignant fournisse aux élèves l'expression ou le terme approprié, à chaque fois que l'expression ou le mot utilisé spontanément par les élèves est source d'ambiguïté. Les termes fournis en situation (avec leur orthographe correcte) pourront éventuellement faire l'objet ensuite d'un examen plus attentif (définition ; composition ; orthographe) dans une séance d'étude de la langue française.

De la constatation des résultats à la rédaction de la réponse au problème posé (étapes 4 et 5)

Une fois le protocole réalisé, on dispose de résultats qu'on va confronter aux hypothèses.

Validation des hypothèses

Tester et non vérifier une hypothèse

Si on a utilisé l'expression « tester l'hypothèse » plutôt que « vérifier l'hypothèse », c'est que des résultats en accord avec ce que l'on attendait confirment en effet l'hypothèse mais ne la vérifient pas totalement. Si je faisais la même expérience avec d'autres matériels, si je m'adressais à une autre source documentaire, etc., j'obtiendrais peut-être un autre résultat. On peut donc seulement affirmer qu'**avec le protocole suivi**, l'hypothèse que j'ai testée est soit confirmée, soit infirmée.

Pour pouvoir généraliser, il faudrait multiplier les protocoles en changeant de matériel, de référence..., ce qu'on a rarement le temps de faire totalement (on peut cependant le faire partiellement en faisant travailler des groupes en parallèle). Ce qui n'empêche pas de l'évoquer avec les élèves et, si le résultat obtenu a une certaine validité, l'enseignant peut se porter garant auprès des élèves de la validité du test, éventuellement en précisant

les limites de validité. On peut également avoir recours au savoir déjà constitué (voir l'étape 6).

Le rôle de l'erreur

« L'histoire des sciences démontre en permanence qu'il n'y a pas d'expérimentation sans risque d'erreur. Partout ailleurs, sauf à l'école, l'erreur est considérée comme inévitable et, au fond, formatrice ... Apprendre suppose une pensée qui se risque. »
(Astolfi, 2002, p. 18)

Il arrive fréquemment qu'une hypothèse se révèle erronée. Ce sont ces hypothèses « fausses » qui sont d'ailleurs les plus intéressantes puisqu'elles montrent que les connaissances utilisées et/ou le raisonnement effectué pour trouver une explication n'étaient pas fondés dans ce cas précis ; elles obligent à inventer quelque chose de **nouveau**. Mais admettre que l'erreur est profitable n'est pas évident pour tous les élèves (ni pour tous les enseignants ; et parfois, encore moins pour les parents). Il m'est arrivé de voir des élèves effacer ou barrer l'hypothèse qui avait été infirmée par l'expérience réalisée, n'admettant pas « s'être trompés ». Il y a tout un apprentissage à faire pour faire comprendre que la construction du savoir suppose de prendre des **risques** et que, souvent, les erreurs instruisent plus que des réussites qui ne font que confirmer ce que l'on sait déjà. Il faut que chacun comprenne bien la différence entre un processus de construction du savoir où le risque et l'erreur sont indispensables et une situation de contrôle de connaissances acquises où, effectivement, c'est la réussite qui est attendue.

Structuration du savoir construit

« 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...). » (Rolando et al., 2003)

Dans la mesure où il s'agit d'un savoir, on peut vouloir de le détacher des circonstances où il a été construit et le formaliser, un peu à la manière des « résumés » des manuels, les auteurs ne disant pas comment le savoir présenté a été élaboré.

On peut aussi préférer élaborer un texte documentaire plus argumenté qui mettra en scène les éléments sur lesquels on s'appuie pour conclure.

Enfin, on peut considérer que ce savoir est non-détachable aussi bien des circonstances que des auteurs et qu'il fait donc partie intégrante du compte rendu des activités (qui n'existe que sous forme de prises de notes, ou qui a été rédigé au fur et à mesure).

La nature des activités menées va peut-être aider à déterminer quel est le type de texte le plus approprié : si on a réalisé un seul protocole (expérimentation, observation du réel), il est prudent de s'en tenir à la formule du compte rendu narratif et de rester à la première personne pour donner les conclusions. Par contre, si on a effectué plusieurs protocoles, si on a utilisé plusieurs sources documentaires et qu'on peut faire une synthèse un peu générale, le texte documentaire s'impose.

La confrontation au savoir savant peut être indispensable avant la formalisation : c'est à l'enseignant d'en décider (voir l'étape 6).

La confrontation au « savoir savant » (étape 6)

La confrontation du savoir construit par les élèves au savoir constitué par le monde savant est une étape indispensable. Évidemment, quand on parle de « savoir savant » dans ce contexte, il est seulement question d'un savoir constitué, validé par des experts mais rendu accessible aux enfants, donc vulgarisé.

Intérêt du passage au « savoir savant », avant la formalisation des acquis

Le recours au savoir savant a plusieurs intérêts :

- valider (ou remettre en cause) ce qui a été trouvé par la classe ;
- mieux cerner dans quels cas les résultats trouvés sont valables (étendre, limiter ou préciser l'extension de ce qui avait été trouvé en classe) ;
- compléter les résultats obtenus, par l'évocation d'autres cas ;
- permettre de généraliser.

« (...) On ne peut espérer que « sortent » 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. » (Rolando et al., 2003)

Si, au lieu de s'intéresser au contenu, on s'intéresse à la mise en forme du contenu, le recours à un savoir savant présente aussi l'intérêt :

- d'apporter un vocabulaire spécialisé qui permet de désigner économiquement des objets ou des concepts qu'on avait cernés en classe ;
- de donner un exemple de présentation, à adopter ou à adapter ;
- de servir de réservoir d'expressions ou de phrases réutilisables au moment de rédiger ;
- de donner un modèle de structuration de l'écrit (faire une énumération ; mettre la légende sur un croquis ; réaliser un schéma ; adopter un codage, etc.).

Intérêt du passage au savoir savant, après la formalisation des acquis

Il convient de trouver les conditions pour que la lecture d'un documentaire, le visionnement d'une émission télévisée, l'exposé du maître soit un enrichissement en rapport avec ce qui a été fait précédemment.

Sur le plan du contenu, il est très intéressant de comparer le savoir formalisé par la classe et le savoir savant qui est consulté ensuite :

- retrouver d'abord, sous des formulations différentes, des éléments identiques ;
- énumérer ensuite les informations supplémentaires apportées par le document ;
- déterminer enfin leur nature : de nouveaux exemples ; des précisions ; une généralisation ; une présentation historique ; etc.

On comprend qu'une telle démarche permet aux élèves d'acquérir progressivement des catégories d'analyse d'un texte documentaire. Elle permet aussi d'apprécier la forme adoptée par le document et cette forme pourra éventuellement servir de moule pour la rédaction ultérieurement d'un texte documentaire.

Où trouver ce « savoir savant » ?

On peut s'adresser aux manuels scolaires, la difficulté venant de ce que les manuels actuels ne proposent que très peu de textes documentaires intéressants.

L'enseignant peut donner des explications oralement ou rédiger lui-même un texte documentaire ou faire lire un texte tiré d'un écrit documentaire pour adultes ou pour enfants.

La qualité des textes documentaires ou encyclopédiques pour enfants est fonction du soin apporté par les rédacteurs et les éditeurs (traduction faite peut-être rapidement par des non-spécialistes ; rédaction à partir d'autres ouvrages pour enfants par des non-spécialistes ; contraintes éditoriales qui sabrent dans les textes proposés par un auteur, etc.). Le fait de prendre le texte dans un manuel scolaire n'est pas non plus une garantie. Sans faire de fixation exagérée sur les erreurs manifestes de certains documents, on peut quand même regretter que des textes documentaires **de qualité et lisibles par des élèves de primaire** soient difficiles à trouver.

La recontextualisation du savoir construit (étape 7)

Cette phase se situe dans la continuité des précédentes mais elle en est pourtant détachée, dans la mesure où elle suppose qu'on utilise le savoir construit dans une nouvelle situation, pour interpréter de nouveaux faits, ou encore pour générer de nouvelles hypothèses, par analogie. Si on examine le déroulement chronologique, les opérations de recontextualisation peuvent s'opérer très rapidement après la démarche vécue comme très longtemps après, dans le même champ disciplinaire ou parfois dans un autre.

Une nécessaire répétition de situations analogues

On ne peut pas espérer avoir construit un concept simplement parce qu'on a mis en place une démarche d'investigation, surtout si ce concept bouscule des représentations préalables bien établies. Mais certains demanderont alors pourquoi se donner le mal de faire vivre ces activités, si les représentations des élèves ne changent pas.

Une nécessaire réutilisation dans de nouveaux contextes

Le contexte de départ a permis de définir un problème qu'on a examiné avec le savoir dont on disposait afin d'essayer de bricoler une ou plusieurs hypothèses explicatives ; puis on a tenté de tester ces hypothèses et on est arrivé à une conclusion, qui s'est intégrée plus ou moins bien aux représentations précédentes, en en bousculant certaines. L'expérience de cette démarche et de sa conclusion peuvent servir dans un nouveau contexte pour répondre, directement, ou par analogie, à de nouvelles questions. Si le savoir qui a été construit est réutilisé dans d'autres contextes, alors il a une chance de s'installer comme une véritable **compétence**.

L'enseignant doit pouvoir servir de mémoire pour le groupe classe : si les élèves ne font pas le rapprochement entre une situation nouvelle et celle qu'ils ont vécue précédemment, c'est à l'enseignant de leur signaler qu'on a déjà traité une question similaire, qu'on a déjà construit un outil qu'on peut réutiliser, etc. C'est ce tissage de **relations** qui va finalement rendre un savoir utile, permettre d'apprendre à mobiliser ce que l'on sait déjà, à repérer des éléments identiques et des différences...

Si, dans le schéma de la démarche, le terme **d'évaluation** n'intervient pas, c'est qu'il semble moins important de faire des contrôles de type interrogation écrite, peu de temps après la phase de construction d'un savoir, que de faire fréquemment réinvestir ce qui a déjà été vécu et construit.

Les variantes de la démarche d'investigation raisonnée

La place de l'expression des conceptions des élèves

Si tous les auteurs qui traitent de didactique des sciences ont bien pris conscience de la nécessité de ne pas ignorer les conceptions des élèves et même de travailler avec elles, pour les bousculer et en construire de nouvelles, tous ne considèrent pas de la même manière l'émergence de ces conceptions. Quand on regarde à quel moment de la démarche et sous quelle forme est favorisée l'expression des conceptions des élèves chez les différents auteurs, on constate des différences.

Émergence des conceptions au début de la démarche (phase 1)

Reprenant le plus souvent des procédures employées par des chercheurs, ces auteurs placent l'émergence de conceptions des élèves en début de démarche ; on pourrait même dire que parfois, à lire les descriptifs, on a l'impression que le questionnaire que l'enseignant administre aux élèves tient lieu de situation de départ (Cros et Respaud, 2001 ; Lecointre et *al.*, 2004, p. 60 ; Dècle et Laurent, 2005, p. 19).

Si ces procédures ont permis d'amasser des données et ont vraiment éclairé les didacticiens, il semble assez artificiel de démarrer une séquence d'enseignement de cette manière alors qu'on dispose, dans la démarche même, d'un moment où les élèves vont pouvoir exprimer leurs conceptions : c'est le moment où ils essaient de répondre au problème posé, justement en mobilisant leurs savoirs.

Émergence des conceptions à travers les réponses au problème posé (phase 2)

Une fois le problème posé, les élèves sont invités à trouver des réponses avec ce qu'ils savent déjà et l'enseignant organise un débat argumenté autour des avis émis. On va naturellement entendre les conceptions à travers les réponses puis travailler sur ces conceptions en tentant de voir où il y a des contradictions, en essayant de saisir quelles sont les implications sous-jacentes...Les arguments des autres élèves ou les questions posées par l'enseignant seront les meilleurs moyens d'ébranler ces représentations. La phase 2 de la démarche semble bien le temps le plus adapté à la formulation des conceptions des élèves et certains auteurs ont ce même point de vue (voir Rolando et *al.*, 2003, p. 4).

Une démarche à adapter

Une adaptation aux circonstances

Dans un numéro de cette revue, l'article de Denis Blanchon (2005) relate un exemple intéressant, à partir de l'installation d'un élevage de fourmis en classe : les élèves découvrant des cadavres de fourmis, ils s'interrogent sur les causes de la mortalité et posent directement la question à un spécialiste, en attendant de lui la solution. Mais celui-ci, de manière fort astucieuse, ne leur donne pas de réponse définitive ; par

contre, il fournit une hypothèse que les élèves vont pouvoir tester ... et réintégrer ainsi la démarche d'investigation.

De même, quand on a parlé de défi, on a bien mis en évidence la suppression de la première étape qui vise normalement à construire progressivement le problème à résoudre. Un autre cas de défi est à envisager quand, par exemple, dans la phase 2, les élèves se rangent derrière un élève « spécialiste » qui assène les bonnes réponses d'emblée : l'enseignant peut mettre les élèves au défi de montrer la véracité de ce qu'ils affirment.

Une adaptation au niveau des élèves

On ne peut pas faire comme si l'âge des élèves n'avait aucune incidence sur l'organisation de la démarche. Quand le groupe Sciences du département de la Haute-Savoie s'est posé le problème des indicateurs d'un enseignement des sciences réussi (voir l'annexe 1), les personnes qui ont travaillé sur cette question ont insisté sur les caractéristiques propres au cycle des approfondissements de l'école primaire (cycle 3) et sur leur nécessaire adaptation au cycle des apprentissages (cycle 2), soulignant que :

[Au cycle 2]

- *Les thèmes abordés sont plus souvent interdisciplinaires. Ils contribuent à construire des concepts généraux (le vivant, la matière, le temps, etc.).*
- *Les activités fonctionnelles (visites, jeux, constructions, élevages, etc.) servent plus souvent de point de départ au questionnement et prennent plus de place qu'au cycle 3.*
- *Les traces écrites sont plus accompagnées par l'enseignant (...).*

On trouve aussi dans le livre de Coquidé et Giordan (2002) des indications précieuses sur les différences entre la démarche telle qu'elle a été décrite pour des élèves de cycle 3 et les adaptations nécessaires pour le cycle 2 et pour la maternelle. Les auteurs rappellent que de vraies hypothèses propres à la méthode hypothético-déductive ne sont à envisager qu'au cycle 3 et que les « hypothèses » ne sont pas vraiment de même nature au cycle 2. C'est pourquoi on parle dans cet ouvrage, pour la maternelle (et aussi pour le cycle 2), de **situations déclenchantes** et de **questions inductrices**, et non de situations de départ et de problèmes.

En cherchant à trouver le mode de fonctionnement de la démarche d'investigation en maternelle, on est conduit à retrouver les invariants de l'activité scientifique :

- **une finalité : découvrir le monde qui nous entoure et chercher à le comprendre ;**
- **une exigence : passer d'explications inexistantes ou fabulées à des explications rationnelles et objectives ;**
- **une méthode : faire travailler la tête et les mains (Borg et al., 1999), imaginer et vérifier, spéculer et agir, ensemble.**

Conclusion

Le schéma linéaire de la démarche tel qu'il a été présenté au début de cet article subit dans la réalité bien des variations en fonction des circonstances, chaque séquence d'enseignement ayant son histoire, liée au sujet, à la classe et aux hasards...

On peut s'interroger alors sur l'utilité d'un tel schéma qui peut paraître trop idéaliste pour les praticiens de l'enseignement. Il peut pourtant servir à préparer la classe¹² :

- Le schéma permet à l'enseignant d'analyser des descriptifs de séquences de sciences proposées dans des manuels ou d'autres documents didactiques, en vue d'adapter à sa propre classe les préparations proposées.
- L'enseignant peut transformer le schéma en grille pour organiser une séquence précise.
- Cette grille peut aussi servir à évaluer une séquence réalisée (auto-évaluation par l'enseignant lui-même ou par un formateur).

Le schéma a aussi le mérite de mettre l'accent sur l'activité des élèves et de permettre de mieux cerner les temps d'intervention de l'enseignant et les objectifs de ces interventions. Sans reprendre ici l'argumentaire sur l'utilité d'adopter une démarche pédagogique de type **socio-constructiviste**, il faut redire que cette orientation est bien une des références théoriques des choix opérés dans les textes cités p.1. Cette orientation signifie qu'un enseignement des sciences dans la scolarité obligatoire n'est pas destiné uniquement à transmettre des connaissances bien établies par des siècles de travaux scientifiques, mais aussi – certains diraient surtout – à développer le goût de chercher, penser, faire par soi-même et à raisonner, discuter, argumenter avec les autres. En quelques phrases, le plan de rénovation donnait déjà cette orientation fondamentale : « *Les élèves s'interrogent, agissent de manière raisonnée et communiquent. Les élèves construisent leurs apprentissages en étant acteurs des activités scientifiques.* »

¹² Voir annexe 2.

Bibliographie

- ASTOLFI J.-P. (2002) L'œil, la main, la tête. *Les Cahiers pédagogiques* n° 409, p. 18.
- BLANCHON D. (2005) L'apprentissage de la démarche scientifique, est-ce raisonnable ? *Grand N* n° 75, pp. 59-76.
- BORG J. et al. (1999) *Des mains à la tête, guide du maître cycle 3*. Éditions Magnard.
- BRUGUIÈRE C., HÉRAUD J.-L., ERRERA J.-P., REMBOTTE X. (2007) Mondes possibles et compréhension du réel. La lecture d'un album en cycle 2 comme source de questionnement scientifique. *ASTER* n°44, p. 69-106.
- CARIOU J.-Y. (2006) Problèmes de Noël et représentations de carnaval. *Cahiers pédagogiques* n° 443.
- COQUIDÉ M., GIORDAN A. (2002) *L'enseignement scientifique et technique à l'École Maternelle*. Éditions Delagrave.
- CROS P., RESPAUD S. (2001) Articulation entre des pratiques d'écriture et la construction des savoirs à l'école primaire : une étude de cas. *ASTER* n° 33, pp. 163-188.
- DARLEY B. (2007) La démarche d'investigation et son vocabulaire. *Grand N* n°79, pp. 99-111.
- DÈCLE C., LAURENT D. (2005) *Guide pour enseigner les sciences à l'école primaire*. Éditions Retz.
- GUICHARD J. (1998) *Observer pour comprendre les sciences de la vie et de la Terre*. Éditions Hachette.
- HARLEM W. (2004) *Enseigner les sciences*. Éditions Le Pommier.
- LECOINTRE G. et al. (2004) *Comprendre et enseigner la classification du vivant*. Éditions Belin.
- NOMBLOT J. (2006) Où va l'eau quand on arrose une plante ? *Grand N Numéro Spécial À l'école des sciences*, tome 2.
- ORANGE C. (2002) Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle*, vol. 35 n°1, pp. 25-42.
- ROLANDO et al., (2003) *Sciences cycle 3, guide du maître*. Éditions Magnard.
- SALTIEL E. (2007) L'investigation : un processus itératif – La démarche pas à pas.
Disponible en ligne :
http://www.inrp.fr/lamap/?Page_Id=18&Action=1&Element_Id=1107&DomainPeda gogyType_Id=1
- MEN (2001) L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, actes des séminaires.
- MEN (2002) Enseigner les sciences à l'école, document d'accompagnement des programmes.
- Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique (2007), *ASTER* n°43.

ANNEXE 1 - Le cahier de sciences

Sont reprises et commentées ici les préconisations générales faites à propos du cahier de sciences par le Groupe Sciences de la Haute-Savoie, dans un document destiné à toutes les écoles du département¹³, particulièrement aux cycles 3 :

	Texte (<i>les parties remaniées sont en italiques</i>)	Commentaires
1	Il existe un cahier* de sciences.	Le choix s'est porté sur un document unique, conservant tous les types d'écrits (voir point 6), incluant donc des travaux faits autrefois au brouillon dans la mesure où ces écrits intermédiaires marquent les étapes de la démarche.
2	Il assure un suivi sur le cycle et d'un cycle à l'autre.	
3	Il témoigne du respect des programmes.	
4	Les écrits personnels des élèves sont prépondérants et variés (textes mais aussi <i>dessins</i> , schémas, graphiques, photos, objets etc.)	
5	Le cahier* de sciences rend compte des différentes étapes de la démarche et témoigne de la pratique régulière d'une démarche d'investigation.	On a choisi de mettre en valeur la démarche et pas seulement les contenus.
6	Les conditions d'élaboration des écrits sont bien identifiées par un code connu de tous (premiers jets, <i>écrits intermédiaires</i> ; versions corrigées ou améliorées ; textes collectifs, individuels ou de petits groupes ; savoir <i>construit</i> , connaissance finale à retenir, validée par l'enseignant)	Le codage des écrits peut résulter de formules répétées (voir p. 7) ou bien d'une convention d'utilisation du crayon à papier ou des stylos de diverses couleurs (exemple : crayon à papier = écrit perso premier jet ; stylo noir sur papier jaune = connaissance validée ; etc.).
7	Les deux types de texte les plus utilisés, <i>le texte à statut scientifique (compte rendu d'observation ou d'expérience)</i> et <i>le texte à statut documentaire (texte pour communiquer des connaissances)</i> , sont caractérisés et pratiqués par les élèves plusieurs fois dans l'année.	Ces deux types de textes ont effectivement des caractéristiques linguistiques différentes (pronoms ; choix des temps verbaux ; organisateurs ; etc.).
8	Le vocabulaire spécifique est répertorié.	Divers procédés sont utilisables pour mettre en valeur les quelques termes scientifiques à utiliser et à définir.
9	La présentation est travaillée (mise en page aérée, présence d' <i>illustrations</i> , articulation texte-illustrations, ...).	
10	Les élèves sont encouragés à enrichir leur cahier* personnellement.	
11	[] Le cahier* de sciences est <i>feuilleté et/ou</i> relu régulièrement (<i>librement</i> ou dans le cadre d'activités organisées).	Des situations de réinvestissement justifient qu'on relise ce qu'on avait déjà inscrit.

¹³ GDES (2003) Conduire des activités scientifiques à l'école : quelques indicateurs, *Manip* n°6, p. 3.

* Il peut bien entendu s'agir d'un classeur ou de tout autre dispositif

ANNEXE 2 - Le schéma pour analyser, préparer ou évaluer une séquence de sciences

Rappel des étapes de la démarche	Descriptif de la séquence à analyser, préparer ou évaluer	Parler-lire-écrire	Préparation matérielle
1- Situation de départ permettant de faire émerger chez les élèves des remarques et des questions commentées et discutées et d'où on tire un problème à résoudre qui est formulé par l'enseignant.			
2- Recherche des réponses ou des explications en utilisant les connaissances qu'on a déjà et en réfléchissant. Discussion des diverses propositions (débat) jusqu'à un accord sur une ou plusieurs affirmations à tester (hypothèses).			
3- Recherche des moyens de tester les hypothèses et mise au point d'un ou plusieurs protocoles. Mise en œuvre des protocoles. Constatation des résultats.			
4- Comparaison des résultats et des hypothèses pour savoir si on peut valider ou non les hypothèses.			
5- En fonction des conclusions, réponse au problème.			
6- Confrontation de notre réponse avec un savoir constitué.			
7- Prévision ou programmation de situations de réinvestissement			