

CONCEPTIONS D'ÉTUDIANTS PROFESSEURS DES ÉCOLES SUR L'EXPÉRIMENTATION ET OBSTACLES CORRÉLATIFS À SA MISE EN ŒUVRE À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Roland Flageul
Maryline Coquidé

Pour contribuer à préciser les conceptions de futurs professeurs des écoles sur les fonctions de l'expérimental, nous avons proposé un questionnaire à 200 étudiants et stagiaires des IUFM de Rouen et de Chartres.

Les souvenirs des pratiques expérimentales, vécues au cours de la scolarité, évoquent plusieurs objets d'étude et activités qui peuvent apparaître comme des paradigmes de l'enseignement de la biologie. Les activités citées, cependant, se rapportent plus à des observations ou à des manipulations qu'à des expérimentations. On constate aussi parfois une confusion des champs disciplinaires. Dans les conceptions sur l'expérimentation, l'approche empiriste est valorisée et les propositions relatives au raisonnement ou à la mise à l'épreuve d'idées sont peu présentes. Si on considère le cadre épistémique de ces sujets, ces conceptions empiristes nous semblent représenter un obstacle important dans la compréhension de ce qu'est une expérimentation. Nous proposons, à titre exploratoire, un tableau précisant les représentations-obstacles relatives au concept d'expérimentation, et une action de remédiation mise en œuvre dans la formation.

connaître les
connaissances
et les concep-
tions des futurs
enseignants
sur la démarche
scientifique

Les professeurs des écoles se doivent d' "initier les élèves à certains aspects de la démarche scientifique". Si nous souhaitons voir s'instaurer de véritables attitudes scientifiques dans les écoles élémentaires, comme les instructions officielles y invitent, il faut connaître les connaissances et les conceptions des futurs enseignants concernant la démarche scientifique. En particulier, quelles sont leurs conceptions relatives au rôle et aux fonctions des pratiques expérimentales ? Quels sont leurs référents ? Quelles stratégies de formation peut-on mettre en œuvre ?

Les futurs enseignants professeurs des écoles (PE) n'ont pas vécu une pratique scientifique de chercheurs (sauf cas exceptionnels). Pour ceux qui ont une formation scientifique, celle-ci est le plus souvent essentiellement théorique, avec des travaux pratiques qui représentent l'apprentissage de techniques de laboratoire ou la réalisation de manipulations illustrant les cours. Si résoudre des problèmes semble être l'activité fondamentale des scientifiques (Darley, 1996), peut-on proposer, dans la formation des enseignants, des activités de résolution de problème(s) ? Quels sont les obstacles à surmonter, les objectifs-obstacles que les formateurs peuvent se fixer dans une stratégie de changement conceptuel relatif à la notion d'expérimentation ?

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

“Expérimenter” représente, dans le discours des instituteurs et des professeurs des écoles, une activité primordiale des sciences à l'école primaire (Cantor, 1996). Cependant, sous la même dénomination “expérimenter” est fréquemment regroupé un ensemble très disparate d'actions, et plusieurs auteurs ont déjà étudié le déficit de formation épistémologique des étudiants ou des enseignants (Désautels et Larochelle, 1993 ; Lakin et Wellington, 1994 ; Robardet, 1995 ; Cantor, 1995 ; Gustafson et Rowell, 1995 ; Darley, 1996).

1.1. L'expérimental dans la construction d'un savoir scientifique

Les relations entre les concepts, les théories, les modèles scientifiques et l'expérimental sont complexes. Deux pôles sont à prendre en considération :

- le monde du réel, qui constitue le “milieu” dans lequel nous vivons et dont une partie seulement est accessible à l'observation directe ou indirecte ;
- le monde des connaissances, des théories, des modèles construit collectivement par la communauté scientifique.

La construction d'une nouvelle connaissance nécessite de multiples interactions entre ces deux pôles et l'histoire des sciences rend compte de la nécessité de construction en synergie d'une problématique, d'une théorie, de tâches et d'outils (Clarke et Fujimura, 1992).

Si les activités expérimentales sont abordées comme constituant pour l'élève un élément de référence pour la construction de ses savoirs, un important problème d'épistémologie scolaire est de déterminer l'importance relative et l'articulation de ces deux pôles. Le schéma sur la modélisation de Martinand (1998) se propose de représenter, sous forme de “cellules élémentaires”, les mises en relation possibles entre les registres empiriques et théoriques pour l'enseignement d'un concept.

1.2. L'expérimental, les situations-problèmes et les modes didactiques

Les pratiques expérimentales, en particulier dans l'enseignement secondaire, restent le plus souvent du domaine de la monstration (Johsua, 1989). Par ailleurs, l'échec de l'apprentissage par la redécouverte a conduit, par une lente évolution, à un modèle d'enseignement par problème scientifique et à l'idée de “*l'activité des savants comme source d'inspiration pour orienter l'apprentissage des élèves*” (Gil-Perez, 1993).

L'enseignement par problèmes scientifiques vise essentiellement des activités dans lesquelles les élèves auront à réinvestir des concepts en cours de construction. La

articulation
nécessaire
d'un registre
empirique et
d'un registre
théorique

apprendre
en posant et
en résolvant
des problèmes
scientifiques

notion de situation-problème s'applique, quant à elle, aux situations visant un changement conceptuel de l'élève, c'est-à-dire qu'elles ont pour objectif le passage d'une conception A à une conception B, plus proche du savoir scientifique. Mais, dans une stratégie de changement conceptuel, deux aspects sont à prendre en compte : les connaissances et les méthodes construites. L'intérêt de la situation-problème est de centrer les apprentissages au niveau des connaissances et aussi au niveau des procédures d'élaboration des connaissances, qui sont trop rarement explicitées.

La question de l'émergence et du positionnement d'un problème scientifique reste néanmoins posée (Orange, 1998). De plus, les pratiques expérimentales peuvent correspondre à différentes finalités, nécessitant des choix pédagogiques alternatifs, et qui restent, cependant, le plus souvent confondus ou amalgamés (Coquidé, 1998). Aussi, pour aider à clarifier ces choix, proposons-nous par ailleurs, de distinguer différents modes didactiques pour l'entrée dans les pratiques expérimentales : un mode de familiarisation pratique, un mode d'investigation empirique et un mode d'élaboration théorique.

1.3. Objectiver des pratiques expérimentales en classe

Dans le cadre d'une recherche coopérative (1), un de nos objectifs était d'objectiver la pratique expérimentale dans la classe. L'enquête présentée ci-après tente d'appréhender, par un questionnaire ouvert, les référents empiriques et les conceptions des enseignants ou des futurs enseignants concernant les pratiques expérimentales en biologie, ainsi que leur degré de familiarisation avec la démarche scientifique.

2. SOUVENIRS ET CONCEPTIONS SUR LA PRATIQUE EXPÉRIMENTALE EN BIOLOGIE (ÉTUDIANTS P.E. ET INSTITUTEURS)

une enquête
menée auprès
d'étudiants et
de stagiaires
professeurs
des écoles

Pour contribuer à connaître les conceptions des instituteurs et des étudiants professeurs des écoles, il nous a semblé intéressant :

- de connaître leurs souvenirs relatifs aux pratiques expérimentales "vécues" au cours de leur scolarité en biologie ;
- à partir de ce qu'ils évoquent, d'appréhender ce qu'ils conçoivent dans "pratiques expérimentales" en classe ;

(1) Recherche coopérative IUFM Rouen/INRP "L'expérimental dans la classe" coordonnée par Claudine Larcher.

- d'analyser leurs conceptions sur les pratiques expérimentales des scientifiques biologistes ;
- de préciser leurs conceptions sur les fonctions de l'expérimentation.

Si on considère que le cadre épistémique de ces étudiants ou stagiaires influence la mise en œuvre de leurs pratiques expérimentales, nous proposons, à titre exploratoire, une analyse des obstacles possibles dans la compréhension de ce qu'est une expérimentation.

2.1. Le questionnaire

Le questionnaire a été proposé au début d'une action de formation consacrée aux pratiques expérimentales (2). Le questionnaire de Chartres est une duplication d'un travail effectué à l'IUFM de Rouen, avec l'ajout de deux autres questions (Q3 et Q4).

Le questionnaire

Q1 - Quels souvenirs de pratique expérimentale en biologie, en tant qu'élève, avez-vous ? Si possible en décrire au moins une.

Q2 - Connaissez-vous un ou plusieurs scientifiques qui ont réalisé des recherches expérimentales en biologie ? Si oui, nommez les et décrivez une ou plusieurs de ces expériences.

Q3 - Pour vous, qu'est-ce qu'une expérience ?

Q4 - Quel est le rôle de l'expérience dans l'activité des scientifiques ?

Personnel ayant répondu au questionnaire (3)

Stagiaires \ IUFM	Chartres	Rouen
PE1	48	34
PE2	41	49
Instituteurs en stage	29	0

2.2. La pratique expérimentale vécue

L'objectif de la première question était de recenser les souvenirs de pratiques expérimentales "vécues" en biologie.

-
- (2) Remarquons *a priori* l'hétérogénéité du public : étudiants ayant ou non bénéficié d'une formation dans un autre module de sciences et techniques, étudiants ayant ou non suivi des études supérieures scientifiques, enseignants en formation continue...
- (3) Les PE1 sont des étudiants qui choisissent l'option biologie pour présenter le concours de professeurs des écoles. Les PE2 sont des stagiaires qui ont été reçus en ayant présenté une option autre que la biologie-géologie (physique-technologie ou histoire-géographie).

concernant
les réponses à
la première
question...

	Chartres	Rouen	Total
EFFECTIFS	118	83	201
Personnes n'évoquant aucun "souvenir"	18	7	25
Personnes évoquant des "souvenirs"	100	76	176
NOMBRE TOTAL DE RÉPONSES (réponse = "souvenir" évoqué)	204	217	421
Réponses sans expérience	160	141	301
Réponses avec expérience(s)	44	76	120
POURCENTAGE			
% des réponses sans expérience	78	65	71
% des réponses avec expérience(s)	22	35	29

... différences
significatives
entre
les stagiaires
des deux IUFM

Nous pouvons remarquer qu'il existe une différence de 13 % entre les stagiaires des deux IUFM. Cette différence est significative, comme le montre le test du χ^2 effectué, les causes envisageables apparaissent multiples.

- Le moment de passation dans le processus de formation est-il identique ?
- Le dépouillement des réponses est-il homogène ?
- Le recrutement de chaque centre est-il le même ?
- La présence de questions supplémentaires (IUFM de Chartres) est-elle sans effet sur le nombre de réponses fournies ?

À ces différentes questions, nous sommes tentés de répondre par la négative. C'est pourquoi notre étude se restreint à une analyse de tendances plutôt qu'à une précision statistique. Nous nous efforcerons de présenter les points de convergences sur les parties communes aux deux questionnaires.

En premier lieu, l'analyse des réponses montre que, pour 25 des personnes interrogées, il ne reste aucun souvenir d'une pratique expérimentale en biologie. Pour cette catégorie, les référents scolaires concernant l'expérimental en biologie semblent inexistantes. Possèdent-ils des référents expérimentaux dans d'autres domaines ? Notre questionnaire ne permet pas de répondre.

Les 421 réponses, fournies par les 176 autres personnes, peuvent se regrouper en deux grandes catégories : celles qui présentent des expériences (120) et celles qui n'en présentent pas (301). Nous constatons qu'une grande majorité des réponses (71 %), situées en dehors du champ de nos investigations par rapport à l'expérimental, appartient aux pratiques expérimentales dans les conceptions des futurs enseignants. Remarquons que certains objets

des objets
d'étude
"paradigmes" de
l'expérimental
dans le souvenir
de la scolarité
de la biologie

d'étude sont très souvent cités. Ils pourraient représenter des paradigmes de l'"expérimental" dans le souvenir de l'enseignement de la biologie : les graines à l'école primaire, les aliments (à analyser) et les pelotes de rejection (à disséquer) au collège, les végétaux verts (pour la photosynthèse) et la grenouille (décérébrée) au lycée. Notons également que l'œil de bœuf est cité à toutes les étapes du curriculum !

• *Analyse des réponses portant sur des expériences*

Des activités expérimentales ou de type expérimental sont citées 120 fois. Elles portent sur :

- l'utilisation de réactifs pour des mises en évidence de produits (31),
- l'activité réflexe ou l'excitation du nerf sciatique de la grenouille (24),
- les germinations (19),
- la digestion (18),
- la nutrition des plantes (9).

Les autres citations sont plus ponctuelles et concernent diverses fonctions biologiques (respiration, circulation...) ou sont situées en dehors du champ de la biologie comme la porosité des roches (3).

importance
de la "mise
en évidence"

La pratique expérimentale destinée à "mettre en évidence" est très présente. Il s'agit essentiellement de montrer par des réactifs la nature d'un produit, d'identifier un objet ou un phénomène. Mais, comme les scientifiques du début du XIX^e qui appelaient "expérience" l'utilisation de colorant vital pour faciliter les observations, nous pouvons déterminer ici un début d'expérimentation car l'observateur devient actif, il modifie les conditions naturelles de l'observation pour rechercher, pour mettre en évidence d'autres choses non identifiables par nos sens. C'est ici une aide à la perception.

La seconde activité expérimentale décrite porte sur la grenouille, animal de laboratoire par excellence au lycée jusque dans les années quatre-vingts. Deux types d'expériences sont exposés : sur le fonctionnement du système nerveux, avec l'activité réflexe de la grenouille décérébrée, et sur l'excitation ou la vitesse de conduction du nerf sciatique. Nous relevons, dans les commentaires des étudiants, le fréquent rejet de l'expérimentation animale. Ils estiment qu'une "bonne vidéo" éviterait la décérébration et le sacrifice de ces grenouilles (voir aussi N'Diaye, 1990). Nous avons, là encore, des expériences de mise en évidence soit de l'activité réflexe, soit de la conduction nerveuse.

Avec les germinations, nous pouvons retrouver soit des expérimentations (rarement décrites) avec l'étude des facteurs influençant la germination, soit, plus fréquemment, des observations de croissance et de développement de jeunes plantes à partir de semis.

• **Analyse des réponses ne portant pas sur des expériences**

une confusion
entre "activité
pratique" et
"pratique
expérimentale"

L'analyse de cette catégorie montre une confusion entre activités pratiques et pratique expérimentale. En effet, pour une très grande majorité d'étudiants ou de stagiaires, la pratique expérimentale vécue est associée à :

- une dissection (166),
- une observation (25) ou l'utilisation d'outils pour observer (12),
- une culture (22),
- une sortie (20),
- un élevage (19).

L'observation au sens large semble donc être privilégiée. Les actions, les manipulations sur les êtres vivants sont aussi des idées très présentes, il faut aller voir, disséquer. Peut-être retrouvons-nous là l'idée de mise en évidence, la dissection, l'ouverture d'un animal portant à notre connaissance son organisation interne.

• **Comparaison IUFM Rouen et IUFM Chartres**

Globalement, les tendances obtenues sont semblables pour les deux sites et nous notons peu de différences entre les PE1 et les PE2. Les divergences entre les deux lieux concernent une fréquence relative plus importante à Rouen qu'à Chartres, de citations concernant l'utilisation des réactifs et de références à des sorties ou à des cultures.

2.3. La connaissance de biologistes expérimentateurs

Le but de la deuxième question était d'évaluer la connaissance des stagiaires d'expériences "fondatrices" en biologie. Pasteur arrive très largement en tête (85) mais les expériences ne sont jamais décrites, au mieux nous avons un titre (vaccin contre la rage).

Pavlov vient ensuite (40), avec parfois la référence à ses travaux sur les réflexes conditionnés, en particulier par les étudiants ayant suivi des études de psychologie.

Bernard arrive en troisième position (22) et ses activités expérimentales sont parfois connues.

Darwin et Mendel viennent ensuite (21 et 14). Les activités expérimentales de Mensel (expériences de croisement génétique) sont parfois, par confusion, attribuées à Darwin. Le fait que Darwin soit assez fréquemment cité comme biologiste expérimentateur est sans doute en relation avec une simple notoriété (4).

Pierre et Marie Curie sont assez souvent nommés (12), bien que physiciens.

une méconnaissance historique
et une confusion
dans les champs
disciplinaires

(4) Car pratiques expérimentales "marginales" et relatives à la pollinisation.

Les autres citations concernent des auteurs disparates (scientifiques et pédagogues) (5).

Si les noms de quelques scientifiques sont mis en avant, leurs travaux restent le plus souvent peu connus. On constate que la culture dans le domaine de l'histoire des sciences reste très restreinte et on relève une fréquente confusion dans les champs disciplinaires.

2.4. Vision de la pratique expérimentale et vision de la science

conceptions sur l'expérience et ses fonctions

Les deux dernières questions (Q3 : *Pour vous, qu'est-ce qu'une expérience ?*; Q4 : *Quel est le rôle de l'expérience dans l'activité des scientifiques ?* IUFM de Chartres seulement), ont pour rôle d'aborder les conceptions des PE sur l'expérience et ses fonctions.

Un premier traitement des réponses montre une très grande similarité dans le vocabulaire employé, c'est pourquoi nous présentons ici un tableau synthétique des réponses aux deux questions.

Classement des mots en relation avec le mot "expérience"

	Hypothèse	Tester Vérifier	Prouver Démontrer	Pratique	Comprendre Expliquer	Chercher	Théorie Loi	Collecter Info	Infirmer Réfuter	Méthode	Montrer	Raisonner	Observer	Total
q 3	79	58	27	66	17	42	17	25	11	11	18	1	5	380
q 4	65	52	46	0	48	12	25	9	20	20	5	12	0	314
Total	144	110	73	66	65	54	42	34	31	31	23	13	5	694
(Q3-Q4)/ max (Q3Q4)	18 %	10 %	- 41 %	100 %	- 65 %	71 %	- 32 %	64 %	- 45 %	- 45 %	72 %	- 92 %	100 %	
Fréquence par rapport aux mots sélectionnés														
% q3	20,8	15,3	7,1	17,4	4,5	11,1	4,5	6,6	2,9	2,9	4,7	0,3	1,3	100
% q4	20,7	16,6	14,6	0,0	15,3	3,8	8,0	2,9	6,4	6,4	1,6	3,8	0,0	100
% Total	20,7	15,9	10,5	9,5	9,4	7,8	6,1	4,9	4,5	4,5	3,3	1,9	0,7	100

Dans ce tableau les colonnes sont rangées par ordre décroissant sur le total des deux questions.

L'indice correspondant à la ligne (Q3 – Q4)/ max (Q3Q4), qui figure dans le tableau, sert à mettre en évidence les différences entre les réponses aux deux questions. Un indice proche de 0 % indique des réponses similaires ; proche de 100 %, il signale une grande divergence, le signe négatif

(5) Montagnier (7), Fleming (6), Lorenz (4), Cabrol (4) à égalité avec Tavernier (4) (auteur de manuels scolaires) précèdent une longue liste dans laquelle nous trouvons des expérimentateurs (Crick et Watson, Rostand, Van Helmont...), des médecins (Barnard, Calmette, Laennec, Koch...) mais aussi des personnes plus médiatiques (Tazieff, Reeves, Bombard, Cousteau...).

indique que l'effectif de Q4 est supérieur à celui de Q3. Cet indice permet de classer les réponses en trois catégories.

Indices négatifs	
Raisonner	-92 %
Comprendre Expliquer	-65 %
Infirmier Réfuter	-45 %
Méthode	-45 %
Prouver Démontrer	-41 %
Théorie Loi	-32%

Indices semblables	
Tester Vérifier	10 %
Hypothèse	18 %

Indices positifs	
Collecter des informations	64 %
Chercher	71 %
Montrer	72 %
Pratique	100 %
Observer	100 %

un classement
des mots associés

• Les mots classés dans la colonne “indices semblables” sont aussi ceux qui sont le plus fréquemment cités dans les réponses. Ces mots, très liés entre eux car souvent associés dans les phrases, arrivent en tête dans les deux questionnaires avec une fréquence identique représentant au total près de 37 % des réponses.

1. *Hypothèse* (144), ce substantif est très intimement associé à l'idée d'expérience. En effet l'hypothèse doit être soumise au contrôle de l'expérience (cf. la définition non mathématique de l'hypothèse).

2. *Tester-vérifier* (110), ces deux verbes, associés ici, devraient faire l'objet d'une analyse disjointe (cela a été fait pour la question 3 où l'idée de vérifier devance très largement celle de tester). Vérifier présente l'idée d'un parti pris alors que tester semble plus neutre.

Ces mots apparaissent donc très étroitement liés à l'idée d'expérience dans la démarche scientifique.

• Si nous étudions la colonne des indices positifs (Q3 > Q4), nous notons deux fois l'indice 100 (réponses présentes uniquement dans Q3) pour “pratique” et “observer”.

3. *Pratique* (66/0) arrive au quatrième rang par rapport au total des deux questions. Cela rejoint et renforce les résultats de la première question.

4. *Observer* (5/0), avec le même indice, apparaît avec un faible effectif. L'observation, en elle-même, ne semble plus avoir un grand intérêt.

5. *Chercher* (42/12), *collecter des informations* (25/9), et *montrer* (18/5) complètent les indices positifs (Q3 > Q4).

une conception
très concrète
de l'expérience

Nous relevons là une conception très concrète de l'expérience : il s'agit de faire pour chercher des résultats, pour collecter des données, ou pour montrer. L'observation n'a plus d'importance car elle est attendue, anticipée. Il semble que cette vision de l'expérience correspond bien au statut de l'expérience au lycée et au collège, et que nous sommes effectivement dans le vécu expérimental des professeurs des écoles.

le travail
intellectuel dans
l'expérience

• L'examen des indices négatifs ($Q3 < Q4$), montre un aspect tout différent de l'expérience, il s'agit de :

6. *Prouver-démontrer* (27/46), nous décelons là l'idée de faits "positifs", c'est-à-dire que les résultats de l'expérience permettent de vérifier l'exactitude d'une théorie, d'une loi, d'une hypothèse.

7. *Comprendre-expliquer* (17/48), le verbe expliquer est ambigu car il est possible de l'employer dans le sens de s'expliquer le monde, ou bien, d'expliquer le monde à quelqu'un. Dans les deux cas, nous sommes dans le rapport du scientifique (ou de l'homme) au monde et à sa connaissance, pour lui ou pour la transmettre aux autres.

8. *Infirmer-réfuter* (11/20). Nous avons ici une vision plus "popperienne" du rôle de l'expérience. Il reste des traces d'une initiation à la démarche scientifique. Une analyse plus fine serait souhaitable pour croiser ce type de réponse avec le vécu expérimental.

9. *Méthode* (11/20), nous retrouvons là l'idée d'une démarche intellectuelle par laquelle l'esprit est capable de démontrer certaines propositions.

10. *Raisonner* (1/12), cette idée, peu présente mais très importante, ne se trouve pratiquement associée qu'aux activités des scientifiques.

Nous avons dans ce cas une vision d'un travail intellectuel où le raisonnement, la méthode, la logique servent à étayer par la preuve ou la réfutation une certaine compréhension du monde environnant.

le questionnaire
montre
une bipolarisation
entre le registre
empirique et
le registre
théorique

Cette étude met en évidence un noyau central commun comprenant plus du tiers des réponses et deux pôles opposés : celui qui concerne le raisonnement, la construction intellectuelle (les indices négatifs) et celui qui relève du concret, du réel (les indices positifs). Cette bipolarisation reflète :

- les confrontations entre induction/déduction, empirique/rationnel, concret/abstrait, d'une part ;
 - la formulation des deux questions $Q3$ et $Q4$, d'autre part.
- La question $Q3$, en effet, se situe au niveau de la description, de l'observation, du vécu, alors que dans la question $Q4$, nous sommes au niveau du rôle, des fonctions de l'expérience telles qu'elles peuvent être conçues par les stagiaires dans l'activité des scientifiques ou telles qu'elles peuvent être présentées par les médias.

Une comparaison des réponses aux questions $Q1$, $Q3$ et $Q4$ permet différents constats.

une importance
accordée à
la réalisation
effective...

Tout d'abord, une convergence sur l'idée de pratique ($Q1$ et $Q3$) : cela montre l'importance que les stagiaires accordent à la réalisation effective de l'expérience. Paradoxalement, cet aspect n'était pas envisagé dans la question $Q2$ relative à la connaissance des biologistes expérimentateurs, alors que ceux-ci doivent fréquemment choisir leur modèle d'étude et inventer un protocole (Canguilhem, 1965).

Ensuite, l'observation, autre idée forte de Q1 disparaît dans Q3 et Q4, alors que l'expérience repose sur une observation provoquée et contrôlée.

Enfin la formulation d'hypothèse, les idées de tester ou de vérifier, de prouver, de démontrer, de réfuter sont très présentes dans Q3 et Q4 alors qu'elles ne sont jamais évoquées dans le souvenir des pratiques expérimentales vécues Q1 (6).

Remarquons également l'absence de réponse concernant l'aspect "social" du travail scientifique expérimental (convaincre, argumenter, communiquer...).

... et à la
pratique...

L'aspect "pratique" qui apparaît toujours majoritaire dans les réponses nous semble un obstacle important dans la conception de ce que peut être une expérimentation. Cela masque en effet les rôles du raisonnement, de la créativité dans l'émission d'hypothèses et dans la conception de protocoles, essentiels dans l'activité scientifique.

2.5. Les représentations-obstacles

Si nous considérons la matrice cognitive (Martinand, 1998) de ces sujets, c'est-à-dire les instruments théoriques et les éléments épistémiques indispensables à la mise en œuvre concrète de procédures expérimentales, nous pouvons constater que la notion d'expérimentation est peu maîtrisée. Les conceptions sur l'expérience, analysées ci-dessus, peuvent être des obstacles à l'évolution de cette matrice cognitive.

... qui peut
représenter
des obstacles
au concept
d'expérimentation

En reprenant et adaptant le réseau dynamique sur les représentations-obstacles, présenté par Astolfi et Peterfalvi (1993) dans un autre contexte puisqu'il s'agissait des obstacles à la construction de concepts scientifiques, nous proposons ci-après, à titre exploratoire, un tableau des représentations-obstacles relatives au concept d'expérimentation (7).

Dans une formation professionnelle d'enseignant, ce tableau pourrait servir d'outil à l'analyse du cadre épistémique du sujet. Des actions de remédiation pour dépasser ces obstacles sont suggérées mais elles n'ont pas été toutes testées.

(6) Avec plusieurs hypothèses possibles dont la mise en cause de la formulation de la question Q1.

(7) D'autres éléments pourraient compléter ce tableau, en particulier ceux relatifs à l'importance de l'argumentation et des débats scientifiques (Gingras & Godin, 1997).

Les représentations-obstacles

Représentation-obstacle	Réseau d'idées associées qui expliquent la résistance à l'obstacle	Ce que l'obstacle empêche de comprendre
<p>Observer c'est expérimenter.</p> <p>Ce qui relève de l'observation est une expérience.</p>	<p>L'observation du réel m'apporte une connaissance.</p> <p>Les phénomènes naturels ne doivent pas être perturbés pour pouvoir les comprendre.</p>	<p>Expérimenter, c'est créer des conditions artificielles pour comparer des observations, des résultats.</p> <p>L'expérience est une observation provoquée.</p> <p>Expérimenter c'est intervenir de façon consciente dans le déroulement d'un phénomène en vue de provoquer une modification observable.</p>
<p>Manipuler, c'est expérimenter.</p> <p>Expérimenter, c'est manipuler.</p>	<p>Les scientifiques utilisent des outils souvent sophistiqués d'un maniement complexe.</p> <p>Exécuter une "manip.", des Travaux Pratiques.</p>	<p>Expérimenter c'est imaginer des hypothèses plausibles, des protocoles expérimentaux, c'est un travail intellectuel.</p> <p>Le matériel est utile pour la réalisation effective de l'expérience, pour aider les sens de l'homme, pour stocker l'information, ou pour simuler.</p>
<p>Chercher, c'est expérimenter.</p> <p>Expérimenter, c'est chercher.</p>	<p>Les chercheurs font des expériences à partir de leurs connaissances antérieures.</p> <p>On fait des expériences pour chercher, trouver les réponses à une question, à un problème.</p>	<p>Expérimenter c'est avoir un cadre de référence et une solution (explication) plausible.</p> <p>Chercher n'implique pas une maîtrise de tous les paramètres.</p>
<p>Collecter des informations, c'est expérimenter.</p> <p>Expérimenter c'est recueillir des informations.</p>	<p>Recueillir des données c'est expérimenter.</p> <p>Les scientifiques recueillent énormément d'informations.</p>	<p>Expérimenter, c'est contrôler tous les (le plus possible de) paramètres, en maîtrisant les valeurs de la variable mise en jeu pour tester le modèle ou recueillir des données.</p>
<p>Prouver, démontrer c'est expérimenter. Expérimenter c'est prouver, démontrer.</p>	<p>Le raisonnement, la logique peuvent prouver, démontrer (en mathématiques).</p> <p>Idee de preuve expérimentale.</p>	<p>Expérimenter, c'est confronter au "réel" une solution provisoire pour la réfuter ou la conforter.</p>

relatives à expérimentation

Objectif-obstacle	Conditions de possibilité de franchissement de l'obstacle	Concept visé
C'est en imaginant et en créant artificiellement une situation nouvelle que l'expérimentateur peut connaître.	Il est possible d'observer sans expérimenter. Il est possible d'observer les résultats d'une expérience involontaire.	Expérimenter c'est créer un phénomène et les conditions nécessaires au déroulement contrôlé ou non. L'observation est nécessaire pour collecter les résultats d'une expérience.
C'est l'activité intellectuelle qui est nécessaire pour imaginer un environnement artificiel favorable à l'observation et la simulation.	Il est possible de concevoir des expériences sans les réaliser immédiatement. Observation de phénomènes rapides, lents. Utilisation de substituts artificiels à des produits ou des phénomènes naturels.	C'est l'activité intellectuelle qui permet de créer l'environnement matériel qui est nécessaire pour réaliser, collecter et stocker les résultats de l'expérience.
Le cadre de référence est antérieur à l'expérimentation.	Comparaison d'expériences à valeur heuristique avec des expérimentations.	Lors d'une expérimentation, on met à l'épreuve une hypothèse ou un modèle.
La maîtrise de "tous" les paramètres d'un dispositif est nécessaire pour pouvoir expérimenter	Les résultats de 2 situations qui diffèrent par une seule variable peuvent être comparés et nous informer. L'expérience témoin est le gage de la maîtrise de tous les paramètres.	C'est la comparaison entre les résultats (ceux prévus et ceux observés) qui nous informe.
L'expérience ne prouve pas mais elle peut réfuter	Les résultats différents de ceux attendus sont souvent très intéressants dans une recherche.	C'est par la réfutation expérimentale, la mise en débat et la conviction des pairs que se fait le "travail de la preuve".

3. UNE PROPOSITION DE REMÉDIATION EN FORMATION DE PROFESSEURS DES ÉCOLES

Lors de travaux pratiques, les élèves exécutent le plus souvent des manipulations qu'ils n'ont pas conçues. En France, actuellement, il n'y a qu'à l'école élémentaire et dans le cadre de l'option sciences expérimentales de la classe de Première S des lycées, qu'il est possible de réserver le temps nécessaire à une mise en œuvre effective d'un mode d'investigation empirique. Il semble que les référents empiriques concernant l'expérimentation manquent cruellement aux étudiants et aux stagiaires.

plusieurs dispositifs
pour remédier au
déficit de formation
épistémologique
des étudiants
et des stagiaires

Pour remédier à ce déficit de formation épistémologique et de pratiques de recherche, plusieurs dispositifs peuvent être utiles, dont des dispositifs associant une pratique expérimentale effective et une réflexion sur cette pratique (Antheaume, 1993), et des dispositifs ayant recours à l'histoire des sciences (Cantor, 1995). Comme ce déficit concerne tous les étudiants, y compris ceux ayant suivi un cursus scientifique, la question de la formation épistémologique des étudiants scientifiques peut être remise en avant (Ryder & Leach, 1998).

Dans le cadre de la formation des professeurs des écoles, nous incluons toujours des activités et une réflexion sur la démarche scientifique et expérimentale (9 h à 12 h). Cependant, l'investigation empirique du vivant n'est pas simple. Elle n'est possible, à l'école élémentaire, que sur quelques sujets d'étude, en particulier la biologie végétale (la germination, l'eau et les plantes...) et le comportement des animaux.

3.1. Une situation-problème organisée autour du franchissement d'un obstacle

Parmi les conceptions relevées chez les stagiaires, c'est l'importance accordée au rôle des manipulations et à l'aspect pratique, en opposition à la faible place faite au raisonnement, qui a tout d'abord retenu notre attention. Nous avons, en premier lieu, sélectionné la seconde représentation-obstacle du tableau : "manipuler c'est expérimenter" ou "expérimenter c'est manipuler". Nous avons donc choisi de travailler la conception d'une expérimentation, afin de pouvoir analyser ensemble l'importance du raisonnement, de la créativité, de l'ingéniosité, dans l'aménagement d'un environnement artificiel, expérimental, favorable à l'observation. La place réservée à la conception d'expériences dans la scolarité apparaît en effet comme faible, et ce ne sont pas les manipulations exécutées en travaux pratiques qui font appel à l'imagination et à la créativité des élèves. Nous souhaitons donc enrichir les références qui manquent aux professeurs des écoles, surtout

une tentative
de remédiation
pour dépasser
la représentation-
obstacle de
la manipulation

au moment de transposer des situations expérimentales avec des élèves de l'école élémentaire.

Le choix de cet objectif-obstacle nous semble important car il doit permettre de dissocier les deux moments que sont la conception d'une expérimentation et celui de sa réalisation effective. La situation-problème de formation proposée ici est conçue en fonction de cet objectif. Les autres objectifs-obstacles qui sont apparus dans l'analyse des conceptions sont présents au cours des activités mais ils n'orientent pas prioritairement l'organisation du travail présenté ci-dessous.

Pour faciliter la compréhension du raisonnement dans une expérimentation, et pour aborder une approche expérimentale du vivant dans sa complexité, il nous a semblé intéressant d'utiliser une vidéo présentant un comportement alimentaire.

3.2. La situation de formation à la démarche

Les stagiaires sont informés qu'ils abordent une formation d'une douzaine d'heures sur les pratiques et les démarches expérimentales. Le questionnaire destiné à faire émerger leurs conceptions est rempli. Si la confrontation des conceptions fait apparaître que "l'aspect pratique et manipulatoire" peut représenter un obstacle, les activités pédagogiques présentées ci-dessous sont retenues dans les pratiques de formation (8).

utilisation
d'une vidéo
décrivant
un comportement
alimentaire...

Un document, initiateur du problème biologique, est visionné (durée 7 minutes). Il présente l'énigme de la façon extraordinaire de chasser du Trachops (une espèce de chauve-souris d'Amérique centrale). Après la capture de batraciens par le Trachops, le document présente le système d'orientation des chauves-souris (écholocation), des généralités sur leurs modes de vie et les régimes alimentaires très variés (nectarivores, insectivores, hématophages, frugivores, piscivores, cannibales). Un paradoxe est mis en évidence : le Trachops se nourrit de batraciens mais partage aussi son lieu de vie avec d'autres batraciens venimeux qu'il n'attaque pas. Les problèmes, les interrogations sont évoqués explicitement : *"mais ce système peut-il leur permettre d'identifier et de localiser un crapaud dans l'épaisseur de la nuit tropicale, et de le faire en plein vol avec tant de précision ? Plus surprenant encore, comment peuvent-ils distinguer avant de les capturer les crapauds comestibles des crapauds venimeux ?"* La formulation du problème fait partie intégrante du document, la curiosité est suscitée. Après une discussion avec les stagiaires, le problème est

... pour cerner
un problème
biologique

(8) Activités mises en œuvre, à titre exploratoire, deux années de suite auprès de plusieurs groupes de stagiaires de l'IUFM de Chartres.

reformulé, élargi : “*Comment le Trachops repère-t-il ses proies ?*”.

La première activité doit favoriser la dévolution et permettre aux étudiants de reformuler le problème. Pour cela, ils doivent percevoir la situation comme une véritable situation de recherche. Ainsi l'étude s'organise autour d'une situation à caractère concret qui permet de formuler des hypothèses et des conjectures.

**Résoudre un problème biologique :
“Comment le Trachops repère-t-il ses proies?”**

Dévolution du problème (durée 1 h30)

Recherche orale sur le problème biologique (travaux de groupes de trois à quatre personnes).

Structurer des protocoles sur une fiche type (une fiche par hypothèse).

Comparer les productions

Mettre en commun. Analyser les différentes expériences proposées. Analyse critique des propositions (sélection des différentes hypothèses fonction par fonction).

Produire par groupe, pour la fonction étudiée, des protocoles valides pour une même hypothèse.

Identifier les raisonnements (durée 2 h30 à 3 h)

Analyser et formuler le problème en terme de communication émetteur-signal ou signal-récepteur.

Recenser les hypothèses, les conséquences, les formulations positives/négatives.

Produire par groupe, pour la fonction étudiée, des protocoles valides pour une même hypothèse avec une formulation positive et une formulation négative.

Valider par le raisonnement des chercheurs (durée 1 h)

La validation des protocoles est proposée en visionnant la fin de la cassette vidéo.

Structurer sur une fiche de synthèse le raisonnement des chercheurs.

Mettre en évidence et structurer une démarche expérimentale

(durée 2 h)

De la “méthode” à une démarche expérimentale. Critique de “OHERIC” par l'analyse et la structuration du vécu.

travail de
préparation pour
une classe de
cycle III

À la suite de l'analyse réflexive sur cette phase (les conceptions, la mise en place de l'activité, la démarche expérimentale, les justifications pédagogiques...), nous proposons un réinvestissement aux stagiaires, par la préparation d'un travail semblable pour des élèves d'une classe de cycle III. Les objectifs de formation visent à ce que les stagiaires puissent appréhender :

- la distinction de deux phases, conception et ensuite réalisation d'une expérimentation ;

- les conditions de réalisation d'une telle activité en classe (la transposition de l'activité vécue est réalisable en classe de cours moyen) ;
- les raisonnements des élèves (les élèves de CM sont capables de concevoir des protocoles expérimentaux) ;
- la nécessité de prolongements, pour enrichir les référents empiriques et pour proposer la réalisation effective d'expérimentations en classe.

3.3. Une situation expérimentale à l'école élémentaire (cycle III)

À titre d'exemple, voici une transposition des activités présentées en formation, proposée et mise en œuvre par des PE2 pour une classe de CM1. Les trois premières phases ont été suivies par l'ensemble des stagiaires, la suite a été réalisée par un groupe de deux stagiaires.

Transposition des activités sur le problème biologique du Trachops pour une classe de CM

Première phase : situation déclenchante et dévolution du problème

Visionner le début de la vidéo.

Confrontations orales, appropriation du problème biologique.

Deuxième phase : recherche orale

Elle peut débiter par une phase individuelle qui a pour objectif d'inciter chacun à faire au moins une proposition (5 à 10 minutes).

Travaux de groupes de trois à quatre élèves (environ 20 minutes).

Troisième phase : écriture des protocoles

Structuration des protocoles sur une fiche A (voir annexes), une fiche par hypothèse, 2 à 6 fiches par groupe (environ 15 minutes).

Quatrième phase (un autre jour)

Mise en commun des différentes propositions. Comparaison collective d'une proposition "complète" et d'une "incomplète". Structuration sur l'emploi des différents termes utilisés (hypothèse, conséquence, expérience, résultats possibles...).

Réécriture de quelques propositions par les auteurs.

Conception d'une grille avec les différentes propositions.

Cinquième phase (un autre jour)

Présentation de la fin de la cassette-vidéo. Comment les scientifiques ont résolu le problème.

Évaluation : proposer de remplir la fiche A avec le protocole des scientifiques.

En prolongement de ce travail, axé uniquement sur la conception d'expériences, il est proposé de réinvestir la démarche sur une situation plus complexe, avec la réalisation effective de l'expérimentation envisagée.

Un exemple de réinvestissement de la démarche Étude expérimentale du comportement alimentaire d'un animal d'élevage

Séance n° 1

Conception d'un protocole à partir d'un animal élevé (cochon d'Inde, hamster, lapin nain...).

Que mange cet animal? Que préfère-t-il? Comment cet animal repère-t-il sa nourriture?

Individuellement, et par écrit, remplir une fiche A par hypothèse.

Séance n° 2

Constituer des groupes en reprenant les hypothèses individuelles d'un même sens ou signal.

Élaborer en groupe, à partir de la critique et des justifications des protocoles individuels un protocole collectif écrit. Commander, par écrit, le matériel nécessaire à la réalisation effective de l'expérience.

Séance n° 3

Un groupe expose son hypothèse, le dispositif conçu, les résultats attendus. Les autres écoutent.

Pronostics, le reste de la classe donne son avis, ses critiques. L'expérience réussira-t-elle? Pourquoi? Argumentation.

L'expérience est réalisée collectivement devant toute la classe (elle est aussi enregistrée au caméscope). Les observations et les résultats sont consignés sur une fiche B, une pour chaque groupe (voir annexes). On conclut et on envisage la poursuite des investigations.

Le groupe suivant enchaîne.

Séance n° 4

Synthèse collective de l'expérience sur l'animal. Trace écrite pour les élèves.

On visionne l'expérience puis discussion collective. Au fur et à mesure on complète la fiche C récapitulative (voir annexes). On pourra insister sur l'émetteur, sur le signal et moins sur le récepteur. On peut travailler sur les conséquences de l'hypothèse, les mots inducteurs, les compétences linguistiques.

En évaluation, il est possible de proposer de remplir une fiche de type A en fournissant l'hypothèse. Comment l'élève réinvestit-il les compétences acquises?

3.4. Analyse critique des activités de formation et des activités pédagogiques menées en classe

Une première évaluation de l'évolution des conceptions des stagiaires peut être réalisée lors de la mise en commun des protocoles envisagés pour la résolution du problème du comportement alimentaire du Trachops. Des difficultés résident dans la conception des expériences avec, en particulier, des problèmes de logique, de simplification des protocoles. Les stagiaires ont des réticences à isoler les hypothèses, entrevoyant ainsi la complexité des interactions possibles et les difficultés de l'expérimentation animale.

les représentations
des stagiaires
ont évolué...

Une deuxième évaluation est effectuée lors de la structuration à propos de la démarche expérimentale. Nous avons noté que l'ensemble de stagiaires des groupes qui ont suivi les activités de formation décrites ont intégré la conception de l'expérience. Nous avons également observé qu'une majorité de stagiaires incorpore le rôle des échanges et de la communication des travaux dans la démarche. Certains stagiaires regrettent que, par la vidéo, ils ne puissent pas obtenir de réponse pour tous les protocoles envisagés et ils font part de la "frustration" qui en résulte.

... mais d'autres
obstacles
persistent

Lors des activités de formation relatives à la transposition pour le cycle III, les propositions des stagiaires se centrèrent sur un travail concernant la conception d'expériences, essentiellement avec la vidéo du Trachops (pour des raisons de disponibilité de matériel?), le Dytique et la Grenouille furent également envisagés. Peu de stagiaires ont proposé la réalisation effective d'une expérimentation sur les comportements alimentaires en classe. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées concernant cette réticence à une mise en pratique expérimentale :

- crainte des difficultés matérielles pour la mise en œuvre ;
- crainte du comportement des élèves et difficultés relatives à une animation pédagogique portant sur du matériel biologique vivant, en particulier animal ;
- crainte des résultats inattendus...

Les activités de conception d'expérience, avec leur aspect "papier-crayon", rassurent de nombreux stagiaires. Pour que l'expérimentation du vivant ne se réduise pas à ce seul aspect, il apparaît nécessaire que les autres activités de formation permettent aux stagiaires de s'approprier quelques pratiques expérimentales sur du matériel biologique et simples à mettre en œuvre.

Un questionnaire d'évaluation anonyme a été fourni aux 36 professeurs des écoles qui ont effectivement vécu l'ensemble de la démarche proposée (avec le réinvestissement en classe de cycle III). Les réponses indiquent que 29 stagiaires trouvent un bon ou très bon intérêt aux activités vécues, tandis que 6 les estiment peu ou pas intéressantes.

des obstacles
sur le "faire" et
des obstacles
sur le "dire"

Les opinions les moins favorables concernent la rédaction des protocoles sur la fiche proposée (15 contre 21). S'il peut apparaître souhaitable de modifier les questions de la fiche, et d'impliquer plus les stagiaires dans cette rédaction, il existe aussi des difficultés inhérentes à l'activité d'écriture elle-même et citées par les stagiaires : problème de vocabulaire, difficultés à mettre en mots les idées, à rédiger et à expliciter des hypothèses... Ces difficultés de rédaction et d'explicitation de raisonnement ont été observées lors de l'analyse des fiches avec l'analyse des types de formulation, de l'emploi de connecteurs, et des mises en relations entre les différentes rubriques.

La validation des protocoles, envisagés pour le Trachops, par la présentation des expériences réalisées par les auteurs du

document vidéo suscite une large adhésion (29 stagiaires). On peut remarquer que, dans toutes les classes de CM où le problème biologique concernant le comportement alimentaire du Trachops a été posé, au moins un groupe d'élèves a proposé des expériences proches de celles qui ont été filmées.

Terminons par les remarques des stagiaires concernant le désir des élèves de réalisation effective des expériences : pratiques qu'il faut évidemment favoriser, dans la mesure du possible, et qui sollicitent le questionnement éthique et l'ingéniosité dans la réalisation des dispositifs, l'attention et la tenacité pour l'obtention des résultats.

CONCLUSION

une formation
des enseignants
à mettre
"la main à la pâte"
en synergie avec
"la main à la tête"

Si l'éducation scientifique des élèves du primaire nécessite que les enseignants soient formés à mettre "la main à la pâte", il apparaît également primordial que ce soit en synergie avec "la main à la tête". Pour nous, l'école élémentaire représente le domaine privilégié de réalisation d'activités qui ont leurs propres intérêts, dans un registre de familiarisation pratique aux objets et aux phénomènes scientifiques. Les élèves peuvent à la fois découvrir et se familiariser à des phénomènes scientifiques, mais aussi se rendre étrangers des objets qu'ils croyaient familiers, et développer ainsi un réel questionnement scientifique. Des pratiques d'investigation empirique pour résoudre les problèmes scientifiques pourront alors peu à peu être proposées, et une initiation à l'expérimentation envisageable. De plus, une réflexion, au cours de la formation, sur les démarches de construction du savoir nous apparaît nécessaire pour éviter de voir s'instaurer des cours théoriques de méthodologie.

Roland FLAGEUL
IUFM Orléans-Tours,
site de Chartres

Maryline COQUIDÉ
Université/IUFM Rouen,
LIREST, ENS Cachan

BIBLIOGRAPHIE

ANTHEAUME, P. (1993). *Contribution à la définition des objectifs spécifiques et des activités spécifiques de formation professionnelle d'enseignants non spécialistes dans une discipline scientifique : la Biologie*. Thèse de Doctorat, Université Paris 7.

ASTOLFI, J.-P. & PETERFALVI, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-142.

BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

CANGUILHEM, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.

CANTOR, M. (1995). Histoire des sciences et formation des enseignants. In A., Giordan, J.-L., Martinand et D., Raichvarg (éds.). *Actes des XVII^{es} JIES* (pp. 353-359). Paris : DIRES-Université Paris 7.

CANTOR, M. (1996). Les pratiques d'activités scientifiques : une enquête auprès d'instituteurs. In *La formation initiale des professeurs des écoles en sciences et technologie, Actes des journées d'étude*. Documents et travaux de recherche en éducation (pp. 56-60). Paris : INRP.

COQUIDÉ, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 26, 109-132.

DÉSAUTELS, J. & LAROCHELLE, M. (1993). Constructivistes au travail : propos d'étudiants et d'étudiantes sur leur idée de science. *Aster*, 17, 13-39.

DEVELAY, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, 8, 1-16.

DEVELAY, M. (1994). *Peut-on former les enseignants?* Paris : ESF.

DEWEY, J. (1938, rééd. 1993). *Logique. La théorie de l'enquête*. Paris : PUF.

FABRE, M., ORANGE, C. (1997). Construction de problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-58.

GENZLING, J.-C. (1991). Construire des méthodes à l'école élémentaire : la séparation de variables et la modélisation. *Aster*, 12, 39-60.

GIL-PEREZ, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64.

GIORDAN, A., GIRAULT, Y., CLÉMENT, P. (1994). *Conceptions et connaissances*. Berne : Peter Lang.

GINGRAS, Y. & GODIN, B. (1997). Expérimentation, instrumentation et argumentation. *Didaskalia*, 11, 151-162.

GUSTAFSON, B. & ROWEL, P. (1995). Elementary preservice teachers : constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *IJSE*, 5, 17, 589-605.

JOHSUA, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster*, 8, 29-54.

KERLAN, A. (1987). Didactique et épistémologie : éclairages bachelardiens. *Aster*, 5, 71-86.

LACOMBE, G. (1989). Prendre le bâton de l'expérience. *Aster*, 8, 17-28.

LAUGIER, A. & LEFÈVRE, R. (1993). Prévoir et observer le fait expérimental au cours moyen. *Aster*, 16, 143-170.

MARTINAND, J.-L. (éd.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en science*. Paris : INRP.

MARTINAND, J.-L. (1998). *Apprendre à modéliser*. Congrès de l'association des professeurs de sciences du Québec. Trois-Rivières.

N'DIAYE, V. (1990). *Évaluation de l'utilisation de la vidéo dans les Travaux Pratiques universitaires de biologie*. Thèse de doctorat. Université Lyon1.

ORLANDI, É. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale. Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de Troisième. *Aster*, 13, 111-132.

RYDER, J. & LEACH, J. (1998). Enseigner les pratiques effectives de la science : expériences d'étudiants en projet de recherche de licence. *Didaskalia*, 12, 39-61.

PINELLI, P., LEFÈVRE, R. (1993). "Étudiants-chercheurs" : une proposition en électrocinétique. *Aster*, 17, 65-87.

SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1995). Une situation problème en géologie : un détour de l'anecdotique au scientifique. *Aster*, 21, 137-160.

SZTERENBARG, M. (1991). Élaborer l'idée d'expérience. *Aster*, 12, 61-90.

ANNEXES

LES 3 FICHES POUR LES ÉLÈVES DU COURS MOYEN COMMENT LE HAMSTER REPÈRE-T-IL SA NOURRITURE?

FICHE A

Avant l'expérience

1 – Quelle est votre hypothèse? À quelle solution pensez-vous?

Une seule hypothèse par feuille.

2 – Décrivez votre expérience

Commande de matériel nécessaire

3 – Quels résultats peut-on obtenir?

4 – Que concluez-vous?

FICHE B

L'expérience

FICHE C

Après l'expérience

A – Qu'avez-vous observé?

B – Quelles conclusions tirez-vous?

C – Que souhaitez-vous faire maintenant?