

LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION ET SON VOCABULAIRE

Bernard Darley

IUFM d'Aquitaine et DAESL – Université Bordeaux 2

bernard.darley@aquitaine.iufm.fr

Introduction

Apparue dans les Instructions Officielles en 2002, la démarche d'investigation en sciences se situe dans la continuité de l'approche de la démarche scientifique initiée avec « La Main à la Pâte » en 1996. Il ne s'agit pas ici d'en refaire une lecture éclairée, déjà largement faite dans la littérature, mais de la rappeler brièvement pour situer notre propos.

Sous la conduite du maître, les élèves doivent apprendre à se questionner, à manipuler, construire, expérimenter, observer de manière réfléchie. Cette démarche ayant une finalité impérative : permettre aux élèves de construire de nouvelles connaissances.

Principalement pensée et décrite pour le cycle 3, cette démarche d'investigation se simplifiera de quelques étapes dans les cycles 1 et 2. En effet, l'investigation s'avère principalement exploratoire et descriptive aux cycles 1 et 2 et ne nécessite pas une problématisation aussi poussée.

Nous commencerons par un bref rappel sur la finalité de faire des sciences à l'école pour définir le cadre de notre propos, avant de proposer une revue des principaux termes utilisés.

Les tentatives de définitions simplifiées des termes du vocabulaire utilisé, qui se souhaitent plus fonctionnelles qu'académiques, s'adressent d'abord aux enseignants. A eux d'en proposer ensuite des adaptations à leurs élèves s'ils l'estiment nécessaire, la diversité des niveaux, la diversité également des groupes classes ne permettant pas de proposer des définitions adaptées à tous les cas de figure.

Faire des sciences à l'école

Faire des sciences c'est se donner les moyens d'appréhender le monde (le désigner, le décrire, le classer), de le comprendre (expliquer son fonctionnement) et d'agir sur lui (améliorer certaines performances, définir des règles d'hygiène, ...). Mais c'est aussi construire un ensemble d'outils de communication pour partager, échanger le produit du travail effectué au sein d'une communauté. Faire des sciences est donc une activité qui ne peut être que sociale et suppose la construction d'un langage commun, véhicule d'une culture commune. Ce langage sera constitué de mots, qui désigneront sans ambiguïté les

objets du monde (ou leurs parties), mais comprendra aussi des constructions graphiques diverses qui serviront à décrire les objets (dessin d'observation, photos, ...) ou leurs comportements dans le temps et dans l'espace (tableaux de mesures, courbes, schémas, ...).

Pour échanger il faut d'abord pouvoir désigner. Il n'est donc pas étonnant de constater que la première étape, aussi bien dans l'histoire des sciences que dans les programmes de l'école, est la construction d'un vocabulaire commun qui permettra une communication efficace entre pairs. Ce vocabulaire permettra de désigner et de décrire les objets en étant intelligible aux autres. Des éléments communs issus de la description on pourra ensuite tirer les premières ébauches d'une classification. Décrire et ordonner le monde sont les deux premières étapes de son appropriation par l'élève, comme elles l'ont été pour l'Homme dans l'Histoire.

Comprendre le fonctionnement du monde, qui est plus spécifiquement attendu en cycle 3, va mettre en jeu d'autres compétences comme celle d'imaginer des relations de cause à effet entre différents acteurs identifiés d'un phénomène. Là encore le vocabulaire commun va jouer un rôle important pour désigner de manière univoque les objets et les phénomènes en jeu.

Ce bref rappel des enjeux va nous permettre de rentrer plus avant dans l'analyse des activités attendues et dans l'explicitation du vocabulaire utilisé pour les désigner. Pour une approche épistémologique et didactique plus complète, nous renvoyons le lecteur à Bachelard (1938 et 1972), Kuhn (1970), Chalmers (1988), Antheaume et Deunff (2000), Giordan et De Vecchi (1987), Johsua et Dupin (1993), Orange (1997), Robardet et Guillaud (1997), pour n'en citer que quelques uns.

Observer, observation

L'observation est l'activité qui permettra aux élèves des cycles 1 et 2 de décrire les objets et les phénomènes qui leur seront proposés. Ils décriront oralement en utilisant un vocabulaire spécifique mais aussi en s'aidant de dessins qui devront répondre à des caractéristiques particulières. L'observation sera également présente dans les activités expérimentales lorsqu'il s'agira d'identifier le résultat d'une expérience.

Selon le type de tâche que l'on demande aux élèves le terme d'observation ne prendra pas le même sens. Pour en explorer les diverses facettes à l'aide d'exemples on pourra se reporter à Rosset, Coda et Fay (2006), Blanchon (2006), Guichard (1998).

L'observation ouverte

Dans une classe de maternelle, l'objectif de l'enseignant sera d'obtenir de ses élèves une description exhaustive, dans le but de travailler l'ensemble du vocabulaire associé à l'objet étudié. Ici l'observation n'est pas forcément en relation avec un problème ; elle peut se suffire à elle-même puisque l'objectif de l'activité est d'explorer le monde et de le nommer pour pouvoir le décrire. Mais, déjà dans ce cas, l'observation nécessite une culture préalable : savoir identifier des couleurs, désigner un élément de l'objet au moins par analogie (« *ça ressemble à ...* ») etc... L'observation ouverte est donc un premier travail de mobilisation de connaissances, même si ces dernières sont appelées à évoluer et à s'enrichir.

L'observation ciblée

Cette activité d'observation ouverte n'aura qu'un temps. Rapidement on demandera à l'élève de sélectionner parmi tous les observables possibles celui, ou ceux, qui sont

pertinents dans le cadre du travail en cours. Ce travail de sélection nécessite d'identifier, et donc de **reconnaître**, l'observable en question. Soit parce qu'on l'a déjà vu, soit parce qu'on l'a imaginé, soit parce que c'est le seul élément nouveau, étranger à une situation familière. Et sans l'un au moins de ces trois préalables, l'observation ciblée n'est pas possible.

Prenons l'exemple très classique de la germination et déclinons quelques situations.

- Imaginons des élèves de petite section qui n'ont jamais été confrontés à cette activité. Les graines sont plantées, enfouies sous la surface du sol qui sera donc uniforme. L'observation des plantules sera rendue possible par le fait qu'elles vont constituer un élément nouveau, qui n'existait pas au préalable. Si les graines avaient été plantées dans une jardinière déjà envahie par d'autres plantes, il est fort probable que l'apparition de nouvelles « herbes » serait passée totalement inaperçue. Ici, en plaçant les graines dans un bac vierge de tout végétal, l'observation a été « scénarisée » pour rendre l'observable accessible aux élèves. Ce n'est pas l'objet « plantule » en tant que tel qui a été identifié mais son apparition.
- Prenons maintenant le cas d'élèves qui ont déjà une expérience des plantations. Même si les graines plantées sont différentes de celles sur lesquelles ils ont déjà travaillé, ils sauront reconnaître la plantule comme indicateur d'une germination en cours. Ici c'est parce qu'ils ont déjà vu *et* qu'ils ont anticipé les conséquences de l'action de planter des graines qu'ils sont capables d'identifier la plantule à son stade le plus précoce.
- Considérons enfin un groupe d'élèves comparable au groupe précédent, confrontés à une situation de plantation identique. C'est une situation familière pour eux, sauf que les graines qu'on leur a fournies ne germeront pas. L'observable est alors en contradiction avec leurs connaissances du phénomène et les conséquences qu'ils avaient imaginées. C'est parce que, contrairement à leurs attentes, l'apparition des plantules ne se fait pas, qu'ils seront capables d'observer et de noter cette non-apparition comme un événement remarquable. Ce que les élèves du premier groupe auraient été incapables de faire.

L'observation problématique

Ce dernier exemple permet de faire la transition avec un autre type d'observations, celles qui posent problème. Les observations précédentes permettaient soit de construire des connaissances nouvelles, soit d'apporter des informations confortant des connaissances déjà construites. L'observation problématique va au contraire bousculer les connaissances établies en introduisant un fait paradoxal. Mais comme dans les cas précédents, pour qu'il soit perçu comme paradoxal, dérangeant, le fait doit être observé, donc identifié.

Cela ne sera possible que si les élèves sont préparés à faire cette observation paradoxale. Cela passe, entre autres choses, par le partage d'une culture commune grâce à laquelle les faits observés auront le même sens pour une majorité des élèves, sinon pour tous.

C'est parce que les élèves de l'exemple précédent avaient construit une culture commune à propos de la germination des graines que l'absence de germination a pu leur apparaître comme « anormale » et susciter ainsi un questionnement sur ce qui fait qu'une graine germe ou non.

Comme on l'a vu au travers de ces quelques exemples, l'observation ne peut se ramener à un simple constat « objectif », laissant supposer que le monde est accessible à qui sait regarder. Les premières, les observations ouvertes, n'ont de pertinence que si quelqu'un

qui sait est là pour servir de guide, pour distinguer le vrai du faux et éventuellement corriger. Les élèves sont proches de la situation dans laquelle se trouvent les visiteurs d'un musée avec lesquels le guide essaie d'interagir pour rendre la visite plus dynamique, tout en sachant que c'est lui qui aura toujours le dernier mot.

Les autres observations nécessitent d'avoir préalablement construit une culture commune qui sert de base de lecture des événements. Soit pour conforter ce que l'on sait déjà, soit pour en tirer questionnement.

Des différentes productions que suscite une observation, le dessin dit « d'observation » est probablement la plus emblématique, celle qui, en apparence, est la plus facile à réaliser puisqu'il suffit de bien regarder et de reproduire ce que la nature nous donne à voir. Pas si simple.

Le dessin d'observation

Contrairement à ce que l'on peut lire ou entendre usuellement, le dessin d'observation n'est pas une représentation fidèle de la réalité. Etant avant tout un média de communication, il doit être, de ce fait, appréhendable par tout lecteur. À l'inverse du dessin artistique qui revendique l'interprétation personnelle que son auteur fait de l'objet représenté comme consubstantielle de l'œuvre, rendant parfois sa lecture difficile, le contenu cognitif du dessin d'observation doit être immédiatement accessible par le destinataire. Pour cela, il doit être dépersonnalisé, souvent même œuvre collective anonyme dépouillée de toute trace qui la singulariserait.

C'est aussi une reconstruction idéalisée et non pas fidèle en tout point à l'objet observé. On négligera ainsi ce qui apparaîtra comme accidentel sur une feuille (des taches, des cicatrices,...). On négligera même souvent la couleur. On pourra aussi, dans certains cas, être amené à ajouter la patte manquante d'un insecte. Loin d'être une représentation exhaustive de la réalité, le dessin d'observation est, au contraire, le résultat de choix en rapport avec la fonction qu'il sera amené à remplir (Drouin 1987). D'où l'importance de bien définir cette dernière : représenter non pas l'objet en soi mais, à travers lui, tous les objets de la classe à laquelle il appartient. Ne pas dessiner *le* gland que j'ai sous les yeux mais, au-delà de cette individualité, *tous* les glands.

Le but à atteindre n'est pas facile. Nous en voulons pour preuve que, aux maladroites graphiques près, le même objet n'est jamais représenté de manière identique par tous les élèves d'une classe. Lorsque la maîtresse donne comme consigne « *dessinez ce que vous voyez* », il est important d'avoir à l'esprit que l'on voit les choses au travers du filtre de sa culture. Ce qui veut dire que chacun ayant la sienne propre, la vision de l'objet ne pourra pas être identique pour tous. Chaque individu interprète ce qu'il voit en référence à ce qu'il connaît déjà : « *c'est comme...* », « *cela ressemble à ...* ». D'où la diversité normale des productions obtenues et les écarts, parfois importants, entre l'objet et sa représentation. Ainsi, une tulipe aura plus de chance de ressembler à une grosse marguerite multicolore qu'à la tulipe présente devant les élèves : « *c'est une fleur, je sais dessiner les fleurs, pour dessiner une fleur il faut faire un rond avec plein de pétales autour* ». Ou encore le dessin de grillon d'un élève de maternelle qui sera plus fidèle que celui d'un CE2 parce que ce dernier est déjà imprégné de stéréotypes (Blanchon, 2006).

À ces difficultés liées à l'interprétation de l'objet au travers de ses références culturelles, s'ajoute la projection anthropomorphique qui humanise la plupart des représentations animalières : ajout d'une bouche, d'yeux, de bras... qui vont rendre l'asticot ou l'escargot plus proches de nous.

Le seul moyen de dépasser cette personnalisation de la production est de procéder à une confrontation de l'ensemble des dessins. En réaffirmant l'objectif (faire un dessin qui permette d'identifier facilement l'objet étudié), le maître amènera les élèves à prendre la mesure des écarts entre les différentes productions censées représenter le même objet. Ces écarts permettront d'identifier les parties de l'objet qui n'ont pas été correctement dessinées, de retourner à l'observation et de produire (dans la même séance ou dans la séance suivante) un nouveau dessin plus conforme aux attentes de la consigne.

En résumé, l'observation est une activité complexe qui est censée décrire des faits, mais dont les productions (verbales ou graphiques) sont toujours influencées par la culture de l'observateur. Ce qui pose naturellement la question de la définition du « fait ».

Fait (scientifique, bien sûr)

Directement hérité de la tradition naturaliste, le fait scientifique est souvent défini comme la description objective d'un objet de la nature. Notre langage populaire est riche en expressions de bon sens comme "*un fait est un fait*", "*les faits sont têtus*", "*les faits rien que les faits !*". Or on sait bien que la perception première est souvent trompeuse et que les connaissances scientifiques se sont, bien souvent, construites à contre-pied des « faits bruts » issus de la perception immédiate « de bon sens ». Gaston Bachelard (1938 et 1972) l'a déjà dit, il y a bien longtemps et bien mieux qu'ici.

Mais qu'est-ce qui distingue alors le fait « scientifique » du fait quotidien, banal ? On peut, tous les jours, faire des descriptions exhaustives de tout ce que l'on voit de sa fenêtre ; cela en fera-t-il pour autant des faits scientifiques ? On peut en douter.

Le fait scientifique est un fait susceptible d'intéresser la communauté scientifique, celle de la classe par exemple. Il prend du sens dans un contexte défini et dans un champ de connaissances donné, après avoir passé toutes les épreuves de la validation imposée par cette même communauté. Dire que les plantes ont besoin d'eau pour vivre sera un fait scientifique dans les conditions suivantes : lorsque cette question du besoin d'eau se posera au moment d'un travail sur la croissance des végétaux et lorsque aucun élève de la classe ne le remettra en question. Ce fait prend du sens dans le cadre d'un travail bien défini et bénéficie d'un consensus sur lequel je peux m'appuyer. Ce qui ne veut pas dire qu'à un moment donné je ne sois pas amené à le remettre en cause. Mais le même fait - mes plantes ont besoin d'eau - deviendra un banal fait domestique lorsqu'il s'agira de mes plantes d'appartement.

Ce qui conduit M. Fabre (1999) à penser que, comme pour tout ce qui concerne la construction de connaissances en science, tout fait méritant d'être retenu n'a de sens que s'il est étroitement solidaire d'un questionnement. Le fait se définit alors comme une réponse à un problème qui, provisoirement au moins, ne fait plus débat dans la communauté scientifique.

Proposer un travail sur le régime alimentaire de l'escargot n'aura de sens que si toute la classe est d'accord pour penser que l'escargot a besoin de manger pour vivre. "*Tous les escargots se nourrissent*" deviendra un fait sur lequel je peux m'appuyer pour construire mon investigation.

Un fait scientifique pourra donc être défini comme *une connaissance admise par tous et qui, dans le moment présent au moins, ne peut être remise en question.*

Partant de cette définition, il sera alors légitime de faire reposer des questionnements et des hypothèses sur des faits.

Question, Problème, Hypothèse

« Une question étant retenue (...), le maître doit mettre en œuvre la stratégie et le matériel nécessaires pour que toute la classe se l'approprie (...). Le problème devient celui des élèves. (...) L'activité d'investigation et de réalisation n'est pas mise en œuvre pour elle-même. Elle doit conduire à une nouvelle connaissance sans laquelle il ne saurait y avoir de démarche réussie. Elle est finalisée par les questions à examiner et par les hypothèses à tester. » (Documents d'application des programmes, sciences et technologies, cycle 3).

Beaucoup de choses dans ce court extrait :

- la démarche d'investigation doit déboucher sur des connaissances nouvelles ;
- elle est fondée sur des questions, un problème qui conduit à des hypothèses qu'il conviendra de tester ;
- le maître doit amener les élèves à s'approprier le problème.

Déboucher sur des connaissances nouvelles

Si la finalité est claire et souffre peu de contestation, elle mérite cependant que l'on s'y arrête. Amener les élèves à construire des connaissances nouvelles à l'aide d'une démarche d'investigation est totalement différent d'une transmission de connaissances fondée sur l'autorité du maître. Pour que les élèves s'engagent dans une telle procédure, longue et intellectuellement coûteuse, il est nécessaire qu'ils prennent conscience d'un manque de connaissances tellement explicite qu'il rendra ce parcours nécessaire.

Cette remarque n'est pas aussi naïve qu'elle peut le paraître. D'une façon assez générale, les élèves de l'école élémentaire savent. Ils ont la plupart du temps réponse à toutes les questions que le maître peut leur poser. Que les réponses soient jugées peu satisfaisantes par le maître est une autre affaire ; l'élève, lui, sait.

Pour l'amener à construire des connaissances nouvelles il faut donc qu'il en ressente l'impérieuse nécessité ; et pour cela, il faut lui faire prendre conscience des limites de ses connaissances en le confrontant à un problème. On voit donc ici se profiler une première ébauche de distinction entre question et problème : la question, c'est ce à quoi je dois donner réponse ; le problème, c'est ce à quoi je n'ai pas de réponse toute prête et que je dois résoudre.

Question

La question peut être définie comme une formule interrogative, le plus souvent d'ordre général, parfois d'ordre particulier, qui s'adresse à une personne censée savoir. La question appelle une réponse qui sera généralement acceptée comme suffisante par l'interrogateur. « *Comment se nourrissent les plantes ?* », « *Comment les volcans rejettent-ils la lave ?* », « *Comment fonctionnent les poumons ?* » etc...

D'une façon générale, les questions mettent en jeu des concepts (*les* plantes, *la* lave, *les* poumons...) qui recouvrent une réalité diverse. On ne sait pas de quelle plante il s'agit (aérienne ou aquatique ?), de quelle lave (fluide ou visqueuse ?), de quels poumons (d'escargot, de grenouille ou de mammifère ?). Ce sera à la personne interrogée de choisir le niveau de formulation de sa réponse. Une question qui trouve réponse pour le questionneur disparaît en tant que question. Il est donc nécessaire, si l'on ne veut pas que la démarche d'investigation tourne court, de poser des questions qui génèrent des réponses non satisfaisantes, donc qui posent problème.

Question problématique (ou question qui pose problème)

C'est une question d'abord d'ordre général à propos de laquelle la réponse n'est pas jugée satisfaisante par le ou les interrogateurs. Soit parce que l'interrogé refuse de répondre et renvoie la question à l'interrogateur (lorsque la question vient de l'élève et que l'enseignant la renvoie à la classe par exemple), soit parce que la réponse ne comble pas les attentes de l'interrogateur (lorsque la question a été émise par l'enseignant et que les réponses des élèves ne sont pas jugées satisfaisantes par ce dernier ou par les autres élèves).

La remise en cause de la réponse apportée conduit alors interrogé(s) et interrogateur(s) à entamer un débat où propositions et contre propositions, arguments et contre arguments vont s'affronter. La question débouchera sur un problème uniquement s'il y a un désaccord profond entre les personnes, désaccord qu'une simple discussion ne peut lever.

Si la question de départ est vraiment d'ordre général l'affûtage des arguments respectifs doit conduire les interlocuteurs vers des exemples particuliers, puis singuliers (particulier : qui se rapporte à un groupe d'objets bien défini, les plantes de la classe par exemple ; singulier : qui se rapporte à un objet clairement identifié comme des plants de haricots, de tomates ... présents dans la classe).

Exemple :

question (générale) : De quoi les plantes vertes ont-elles besoin pour pousser ?

question (particulière) : Que faudrait-il faire pour que les plantes vertes de la classe poussent bien ?

question (singulière) : Pourquoi les tomates que nous avons plantées ne poussent-elles pas ?

De la question problématique au problème

De la typologie des problèmes proposée par M. Fabre (1999) nous ne retiendrons que le problème ouvert puisque c'est celui qui va déboucher sur une démarche d'investigation.

Le problème est la prise de conscience de l'absence de réponse évidente à une question singulière donnée (exemple : « je ne sais pas pourquoi nos tomates ne poussent pas »). La prise de conscience du problème est d'abord une prise de conscience des limites de ses propres connaissances, soit parce qu'aucune réponse satisfaisante n'est formulée, soit parce que la multiplicité des réponses proposées au sein de la classe entraîne une remise en question de sa propre réponse. La première réponse au problème, perçu en tant que tel et non plus en tant que question, sera donc "*je ne sais pas !*".

Prendre conscience d'un problème suppose aussi un arrière-plan de connaissances nécessaires pour que le problème prenne sens (Fabre, 1999). C'est parce que j'ai un certain nombre de connaissances sur la manière de faire pousser les plantes que l'absence de croissance de mes plants de tomate me pose problème. Ainsi, le problème n'invalide pas forcément les connaissances antérieures (même si dans certains cas extrêmes cela peut être), le problème va d'abord mettre en évidence leurs limites.

S'approprier le problème c'est aussi prendre conscience du but à atteindre : trouver la recette pour faire pousser mes tomates. La prise de conscience du but permet d'entrevoir non pas la solution (la manière d'y parvenir) mais au moins un état final plus satisfaisant qui va stimuler la recherche de la solution. Si j'ai conscience que le but à atteindre est probablement un cocktail d'engrais, ou la recherche d'une terre plus adaptée, ou un arrosage mieux dosé, la voie qui conduit à la solution commence à se dessiner.

En résumé un problème sera perçu lorsque des connaissances fiables auront été mobilisées mais tenues en échec pour expliquer un événement, et lorsque le but à atteindre aura été

identifié avec précision.

La nécessaire dimension singulière du problème

La prise de conscience de cette dimension singulière du problème est fondamentale : *on ne peut résoudre expérimentalement que des problèmes singuliers*. Il existe, bien entendu, des problèmes "généraux" qui peuvent être résolus par des constructions théoriques (lois, théories, modèles). Mais ces dernières ne pourront être validées expérimentalement que par la confrontation à un certain nombre de cas singuliers. Je sais que pour faire pousser des plantes vertes il leur faut de la lumière et de l'eau ; en général ... mais toutes les plantes vertes ont-elles besoin des mêmes quantités de lumière et d'eau ? Pour répondre à cette question, je dois bien m'intéresser à certaines plantes en particulier. Le propre de l'expérience est de se faire sur des objets définis, singuliers et non sur des concepts : je vais devoir expérimenter sur des haricots, des tomates, des géraniums, et non pas sur des « plantes vertes ». Les termes du problème devront donc, en toute rigueur, s'y rapporter explicitement dans la formulation.

Exemple :

*Problème : Pourquoi tous ces plants de tomates ne poussent-ils pas de la même façon ?
Ont-ils été placés dans les mêmes conditions ?*

Si la proposition de solution n'est pas toujours clairement exprimée, souvent la formulation du problème suggère qu'il doit en exister une.

Autre formulation possible pouvant correspondre à une étape plus avancée de l'investigation menée par les élèves :

La différence de croissance observée entre ces différents plants peut-elle provenir d'un éclairage différent ? Ou d'un arrosage différent ? Ou d'une température différente ?

À mesure que le problème s'affine, sa formulation conduit à la mise en relation de facteurs agissant (ou supposés agir) sur un concept (la nutrition végétale) avec des objets singuliers (les plans de tomates) ; à la différence de la question qui mettait en relation un concept (la nutrition végétale) avec un autre concept (les plantes vertes en général).

L'hypothèse

L'étape suivante consistera à imaginer une ou plusieurs réponses possibles. Ces propositions de réponses (que l'on qualifiera d'hypothèses lorsque leur formulation sera aboutie) sont construites à partir des connaissances que possède l'élève à ce moment là, ce qui suppose une mobilisation de savoirs qui va se faire, comme on l'a vu plus haut, conjointement avec la mise en place du problème. L'élaboration des hypothèses se fait donc en même temps que l'élaboration du problème, chacune se nourrissant de l'autre. Construction de la formulation du problème et émergence de l'hypothèse sont deux phénomènes siamois, indissociables l'un de l'autre.

On voit bien là les limites de la linéarisation de la procédure : questionnement - formulation du problème - formulation de l'hypothèse, qui n'est qu'une réécriture a posteriori de la démarche complexe de formulation du problème. Nous avons en effet vu plus haut que cette dernière, dans sa forme aboutie, incluait déjà la formulation de l'hypothèse. Et c'est cette difficulté à découper cette procédure en étapes clairement identifiables qui rend son apprentissage complexe.

La formulation de l'hypothèse

Dans sa formulation arrêtée à ce niveau du travail de la classe, le problème se situe à l'exacte frontière entre le supposé connu et l'inconnu. Il est donc absolument indispensable d'avoir fait le tour de l'ensemble des savoirs mobilisables sur la question (construction de la problématique) avant de proposer une solution possible au problème. Après avoir fait le point sur ce que je sais, alors seulement je peux proposer, en l'argumentant, une réponse possible : l'hypothèse. Lorsqu'il formule une hypothèse, l'élève a, de manière plus ou moins consciente, mobilisé des connaissances.

L'une des tâches de l'enseignant sera de rendre progressivement explicite cette mobilisation de connaissances ; alors seulement l'élève pourra pleinement maîtriser ses raisonnements.

L'hypothèse est une invention au sens strict du terme

Puisque aucune solution satisfaisante n'existe à l'intérieur de l'ensemble des savoirs dont je dispose, il me faut bien en inventer une, l'imaginer à partir des savoirs avérés sur lesquels je peux m'appuyer. Cette idée d'invention associée à l'hypothèse est fondamentale car elle s'oppose à l'idée que la solution existe quelque part dans la nature, prête à être "découverte".

Il ne s'agit pas, cependant, d'inventer n'importe quoi ; l'invention doit prendre sens en s'appuyant sur les connaissances mobilisées dans le cadre de la construction du problème. L'hypothèse est donc une invention raisonnée et argumentée, construite à partir de savoirs acceptés par la communauté de la classe.

Dans l'enseignement cette notion d'invention revêt un caractère tout à fait intéressant : elle confère à chaque hypothèse énoncée par un élève une originalité qui en fait bien la propriété intellectuelle de ce dernier. Si en faisant une telle proposition il prend le risque de se tromper, ce risque est largement compensé par l'espérance d'avoir raison. On voit bien le capital de motivation que l'on peut exploiter chez les élèves à l'aide d'une telle procédure.

Une telle approche présente donc deux intérêts :

- un intérêt épistémologique : en faisant comprendre aux élèves comment se construisent les savoirs scientifiques : « *je ne sais pas donc j'invente, mais comme je suis quelqu'un de sérieux, j'invente (ce que je pense) en m'appuyant sur des connaissances établies (ce que je sais) et je vais chercher des arguments expérimentaux pour vérifier ce que j'avance* » ;
- un intérêt pédagogique : s'étant personnellement engagé, l'élève s'impliquera sans difficultés dans la procédure de validation.

L'hypothèse est une prise de risque

Confronté à un problème, l'élève va se trouver dans une situation peu confortable. Non seulement on le place en situation de prise de conscience des limites de ses connaissances, mais on va, en plus, lui demander de proposer une solution qui a des chances de ne pas être la bonne. Lorsqu'il propose une hypothèse, l'élève prend un risque : celui de se tromper. Il ne faut donc pas minimiser l'engagement que cela implique : l'hypothèse est le produit de sa réflexion et à ce titre mérite considération. Cette prise de risque, pour qu'elle soit acceptée par l'élève, nécessite donc qu'il se sente en confiance.

Exemple :

Observation qui pose problème : Les plants de tomates poussent mal alors que les haricots poussent bien.

Ce que je sais : Je sais (parce que je l'ai appris à l'école, à la maison, à la télé...) qu'une plante a besoin d'eau en juste quantité, d'une terre adaptée, d'un bon ensoleillement, d'une bonne température... Or la classe est bien chauffée et elle est lumineuse et la terre

et l'arrosage semblent convenir aux haricots.

Hypothèse : Cela voudrait-il dire que les tomates n'ont pas les mêmes besoins nutritifs que les haricots ? Qu'il suffirait de changer une ou plusieurs conditions pour qu'elles poussent à leur tour ?

Je ne sais pas, mais je peux proposer cinq hypothèses :

- c'est la température qui ne convient pas ;
- c'est la lumière qui ne convient pas ;
- c'est la terre qui ne convient pas ;
- c'est la quantité d'eau qui ne convient pas ;
- les tomates n'aiment pas le bruit de la classe.

Les conséquences vérifiables de l'hypothèse

Une hypothèse n'est pas testable en soi, seules ses conséquences peuvent être testées expérimentalement.

Exemple :

Si je pense que la terre ne convient pas à mes tomates (hypothèse), alors en changeant la qualité de la terre je devrais obtenir une croissance différente (conséquence de l'hypothèse).

La locution « si » marque le caractère conjectural de l'hypothèse et alors indique la relation de causalité que l'on établit entre l'hypothèse et sa conséquence : c'est bien parce que j'ai changé la qualité de la terre que mes tomates poussent mieux (ou moins bien !).

Cette exploration des conséquences vérifiables d'une hypothèse aura trois conséquences :

- identifier les facteurs susceptibles de jouer un rôle ;
- définir les grandes lignes de ce que pourra être le protocole expérimental ;
- anticiper le résultat que l'on compte obtenir (et définir ainsi plus précisément encore le but à atteindre).

Facteur, paramètre, variable

La formulation des hypothèses va conduire à identifier et à isoler les facteurs que je crois responsables du problème rencontré. Si je veux savoir lequel est responsable, il va falloir que je les étudie indépendamment les uns des autres. C'est le principe d'isolement des variables : je fais varier un facteur, la variable, pendant que les autres, les paramètres, restent constants.

Ces termes sont, il faut le reconnaître, très souvent utilisés comme synonymes les uns des autres ce qui ne contribue pas à en faciliter l'appropriation du sens par les élèves.

Notre proposition est la suivante : se rapprocher au plus près, dans un souci d'homogénéité, du sens qui leur est donné en mathématique.

Voici ce que propose le dictionnaire encyclopédique Quillet dans ce contexte :

- *facteur* : élément commun à plusieurs expressions ; mais aussi élément qui conditionne ($ax + ay + az = a[x + y + z]$) ;
- *paramètre* : facteur à qui on a attribué une grandeur donnée mais à laquelle on peut envisager de donner des valeurs différentes (le a de $y = ax$ ou encore les valeurs a et b de $y = ax+b$) ;
- *variable* : facteur susceptible de changer de valeur (par opposition à celles qui ne varieront pas) : x et par voie de conséquence y.

Ainsi les définitions de ces trois termes en sciences expérimentales pourraient être les suivantes :

- *facteur* : tout élément du milieu, commun à tous les objets étudiés et susceptible de déclencher, de conditionner, de faire évoluer un phénomène caractéristique de ces objets.
Exemple : la température, la qualité de la nourriture, la quantité de nourriture disponible sont des facteurs susceptibles de jouer un rôle dans la croissance des escargots.
- *variables* : facteurs qu'on laisse libre de varier et dont on va étudier les effets sur le phénomène.
Exemple : le phénomène étudié étant la croissance des escargots, les variables pourront être, selon les choix et les protocoles envisagés, la température, la quantité de nourriture ou la qualité de cette dernière.
- *paramètre* : facteur (ou ensemble des facteurs) dont on a provisoirement fixé la valeur et qui restera constante tout au long de l'expérimentation. La valeur d'un paramètre pourra être modifiée lors de l'expérimentation suivante afin d'en étudier l'impact sur l'évolution du phénomène analysé. Ce qui pourra se traduire par un graphique à plusieurs courbes, chacune étant associée à une valeur du paramètre.
Exemple : selon la variable choisie, la température, la quantité et la qualité de la nourriture devront rester les mêmes durant toute l'expérimentation.

Voyons à présent une mise en œuvre possible. Si certaines expérimentations en physique peuvent s'affranchir de la variable temps (électricité, flotte/coule, matérialité des gaz,...), il n'y a que très peu de phénomènes biologiques qui ne soient pas contraints de prendre le temps comme variable « obligée ». La croissance, la germination, les rythmes... sont tous des phénomènes irrémédiablement associés au temps.

Si l'on reprend l'exemple de l'étude de la croissance des escargots, elle ne pourra se faire qu'en fonction du temps qui sera alors la première variable (x). La seconde variable (y), celle que l'on va mesurer et qui représentera le phénomène étudié, sera soit la taille soit le poids de l'animal. Les deux variables sont présentes, le tableau à double entrée est complet, tous les autres facteurs ne peuvent être que des paramètres, et l'étude se nommera : « étude de la variation du poids de l'escargot en fonction du temps ».

Comment dans ces conditions faire intervenir une troisième variable qui, en dehors du temps, pourrait avoir un effet sur le phénomène ? En prenant l'un des paramètres et en le faisant varier.

Si je choisis d'étudier l'influence de la température sur la croissance des escargots, je vais devoir mettre en place *en parallèle* trois ou quatre expérimentations pour lesquelles quantité et qualité de la nourriture seront les mêmes, où la température sera *différente* d'une expérience à l'autre mais *constante* tout au long d'une même expérience. Ainsi, un paramètre pourra devenir une variable. Pour étudier l'influence du temps sur la croissance de l'escargot un seul tableau à double entrée me suffit. Si je veux étudier l'influence de la température (ou de tout autre facteur) il m'en faudra au moins deux.

Manipuler, expérimenter

Ces deux verbes n'ont pas le même sens donc pas la même fonction.

La manipulation va davantage concerner des activités centrées sur une méthodologie de résolution de problème de type essai/erreur. Cette activité correspond bien aux activités exploratoires, investigatrices au sens le plus élémentaire, que l'on trouve en cycle 1 et 2. On manipule « pour voir », pour « explorer », pour « essayer ».

L'expérimentation est une procédure de test d'hypothèse. C'est donc une activité réfléchie, qui s'inscrit dans la stratégie de résolution de problème évoquée plus haut.

L'expérimentation ne se conduit pas au gré de l'humeur de l'expérimentateur mais en suivant un protocole expérimental pensé et écrit avec le plus de rigueur possible.

L'expérimentation n'aura de sens que si le résultat de celle-ci a été anticipé et explicité : je pense que si je fais ceci alors je devrais obtenir cela. Si l'expérimentation ne conduit pas systématiquement au résultat attendu, il est néanmoins indispensable que ce dernier soit défini, sinon comment savoir si mon expérimentation a, ou non, fonctionné ? Comment même savoir à quel moment je dois l'arrêter si le but n'est pas défini ?

L'expérimentation conduisant toujours, d'une manière ou d'une autre, à une observation (soit directe, soit suite à une série de manipulations), on retrouve la contrainte principale de l'observation qu'est la nécessaire reconnaissance de l'objet ou de l'évènement à observer. Je reconnais l'évènement, soit parce que je l'ai déjà vu par ailleurs, soit parce que je l'ai imaginé avec suffisamment de précision pour être capable de l'identifier lorsqu'il surviendra. Mais, dans un cas comme dans l'autre, je saurai le reconnaître parce que je l'aurai anticipé.

L'expérience témoin est un peu l'icône de la démarche scientifique. Pas d'expérimentation sans témoin. En sciences expérimentales, on ne dispose pas de référent absolu. Il est donc nécessaire de disposer d'un élément de comparaison pour savoir si la variable étudiée est pertinente ou non. Pour cela, il faut disposer d'au moins deux résultats, issus de deux expérimentations identiques à la valeur de la variable près. L'une (peu importe laquelle) sera le témoin de l'autre. Pour reprendre l'exemple précédent de l'étude de la croissance de l'escargot en fonction de la température, je mets en place trois expérimentations l'une à 10°C, l'autre à 20°C, la troisième à 30°C par exemple. L'une des trois pourra, de façon indifférente, être choisie arbitrairement comme témoin. L'essentiel étant de disposer d'un élément de comparaison.

Pour avoir une expérience témoin, il suffit donc de faire au moins deux expériences à la seule condition que la valeur de la variable étudiée soit différente dans chacune des deux, ce qui permettra de comparer les résultats. Savoir laquelle des deux (ou des trois) est le témoin est une question sans importance.

Conclusion

Toucher aux mots est toujours une opération délicate puisque au-delà des mots c'est bien entendu aux concepts que l'on touche. Nous avons bien conscience qu'en cherchant à simplifier le sens des premiers, nous avons appauvri les seconds. Ce choix a été motivé par les attentes exprimées au cours des stages de formation continue que nous avons été amenés à encadrer.

Si ce travail trouve un écho, permet à des enseignants de mieux se repérer dans les différentes phases de la démarche d'investigation, le but aura été atteint. Aux lecteurs ensuite de s'approprier ces mots et d'en enrichir le sens au travers des situations qu'ils feront vivre à leurs élèves.

Références bibliographiques

- ANTHEAUME P., DEUNFF J. (2000) *Découverte du Vivant et de la Terre*, Hachette Education, Paris.
- BACHELARD G. (1938) *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris, 1983.
- BACHELARD G. (1972) *L'engagement rationaliste*, Presses Universitaires de France, Paris.
- BLANCHON D. (2006) L'apprentissage de la démarche scientifique, est-ce bien raisonnable ? *Grand N Numéro Spécial A l'école des sciences*, pp 89-106, Tome 1, IREM de Grenoble.
- CHALMERS A. (1988) *Qu'est-ce que la science*, Ed. "La Découverte", Paris.
- DROUIN A.M. (1987) *Des images et des sciences*, Aster n°4, INRP Paris.
- FABRE M. (1999) *Situations problèmes et savoirs scolaires*, PUF, Paris.
- GIORDAN A, De VECCHI G. (1987) *Les origines du savoir, des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*, Ed. Delachaux et Niestlé, Paris.
- GUICHARD J. (1998) *Observer pour comprendre les sciences de la Vie et de la Terre*, Hachette Education, Paris.
- JOHSUA S., DUPIN J.J. (1993), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, P.U.F. Paris.
- KUHN T. (1970) *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris.
- LECOINTRE G. (2004) *Comprendre et enseigner la classification du vivant*, Belin, Paris.
- LEGAY J.M. (1997) *L'expérience et le modèle un discours sur la méthode*, Sciences en questions, éditions INRA, Paris.
- ORANGE C. (1997) *Problèmes et modélisation en biologie*, PUF, Paris.
- ROBARDET G. & GUILLAUD JC (1997) *Eléments de didactique des sciences physiques*, PUF, Paris.
- GRAND N (2006) *Numéro Spécial « A l'école des sciences »*, tomes 1 et 2, IREM de Grenoble.