



# L'explicitation d'éléments de scientificité: un outil épistémologique bottom-up pour la démarche d'investigation à l'école primaire

Estelle Blanquet, Éric Picholle

## ► To cite this version:

Estelle Blanquet, Éric Picholle. L'explicitation d'éléments de scientificité: un outil épistémologique bottom-up pour la démarche d'investigation à l'école primaire. 2014. hal-01349335

**HAL Id: hal-01349335**

**<https://hal.science/hal-01349335>**

Preprint submitted on 1 Aug 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **L'explicitation d'éléments de scientificité : un outil épistémologique *bottom-up* pour la démarche d'investigation à l'école primaire**

Estelle BLANQUET<sup>1,2,3</sup> et Éric PICHOLLE<sup>3,4</sup>

1. Laboratoire Cultures – Éducation – Sociétés (LACES, EA 4140), Université de Bordeaux  
et ESPE d'Aquitaine, 49 Rue de l'École Normale, 33200 Bordeaux
2. CRHI, Université de Nice Sophia-Antipolis
3. CAPEF, Université de Nice Sophia-Antipolis
4. LPMC, UMR 7336, CNRS, Université de Nice Sophia-Antipolis  
estelle.blanquet@u-bordeaux.fr

*Pour enseigner les sciences efficacement, un enseignant doit avoir  
une notion claire de la nature de son sujet — des qualités  
distinctives qui séparent la science des autres domaines.*

Wynne Harlen, 2009

Nombre de didacticiens des sciences considèrent l'absence de représentation claire de la science (les anglo-saxons parlent de *Nature of Science*, ou *NoS*) comme un obstacle significatif à son enseignement (Lederman, 2007 ; Harlen, 2009). En effet, apprendre les sciences ne se réduit pas à la maîtrise de contenus mais implique aussi l'acquisition d'une méthode, voire d'une première compréhension de la nature de la science.

En France, alors même que les programmes préconisent une méthode d'inspiration scientifique, la démarche d'investigation, pour l'enseignement de la physique à l'école primaire, ils laissent toute liberté pédagogique aux enseignants quant à la mise en œuvre de séquences en investigation. *A fortiori*, ils ne leur fournissent pas d'éléments susceptibles d'évaluer la pertinence et la validité scientifique des expériences menées. Or si un enseignant de collège ou de lycée peut assez facilement identifier des activités proprement scientifiques dans sa spécialité, il n'en va pas nécessairement de même lorsque l'on travaille avec de jeunes enfants. Les enseignants du primaire, dont le bagage scientifique et épistémologique s'avère en pratique assez limité, ont souvent bien du mal à distinguer les pratiques scolaires susceptibles de participer d'une initiation à la méthode scientifique.

Divers outils épistémologiques ont été développés pour pallier cette difficulté. Après une présentation rapide de l'approche dominante dans le monde anglo-saxon, nous présenterons une méthode alternative, bien reçue par les enseignants français, ainsi qu'un exemple de son application.

## 1. Une approche *top-down* de la nature de la science scolaire

L'approche dominante pour aider les enseignants et leurs élèves à acquérir une représentation opératoire de la science vise à adapter au public scolaire une vision aussi consensuelle que possible de la science professionnelle. Nous la qualifierons de "*top-down*", dans la mesure où elle procède par édulcoration des exigences et des contraintes de la science, des sommets de la recherche jusqu'au niveau des classes primaires.

### 1.1. Une approche conçue pour le secondaire

L'archétype de cette approche particulièrement répandue aux États-Unis est celle de Norman G. Lederman (1992). Celui-ci identifie sept caractéristiques de la science accessibles à des lycéens :

La connaissance scientifique :

- (a) est provisoire (i.e. susceptible d'être modifiée)
- (b) est fondée sur une base empirique (elle dérive d'observations du monde naturel)
- (c) est subjective (elle implique des biais personnels et dérive de choix théoriques)
- (d) implique des inférences logiques, l'imagination et la créativité d'êtres humains
- (e) est enracinée socialement et culturellement.

Deux aspects additionnels importants sont :

- (f) la distinction entre observations et inférences
- (g) la distinction entre les théories scientifiques et les lois.

On notera leur grande généralité, garante du consensus. Ainsi, les sciences humaines peuvent s'y reconnaître au même titre que la physique ou les SVT. Par ailleurs, leur niveau d'abstraction est *a priori* adapté aux lycéens, capables de représentations assez sophistiquées. Il correspond à celui des cours d'initiation à l'épistémologie au programme de philosophie des classes françaises de terminale, une différence majeure étant leur intégration dans les cours de sciences dans le système américain.

Cette approche a fortement influencé les nouveaux standards éducatifs du *National Research Council* américain, qui propose désormais huit axes, déclinés pour chaque niveau de classe (NRC, 2013) :

1. La science est un moyen d'accéder à la connaissance.
2. La connaissance scientifique est ouverte à des révisions.
3. La connaissance scientifique est fondée sur des preuves empiriques.
4. La science tente de répondre à des questions sur le monde naturel et matériel.
5. La science est un accomplissement humain.
6. La connaissance scientifique repose sur l'hypothèse qu'un ordre et une cohérence sous-tendent les systèmes naturels.
7. Le rôle des modèles, des lois, des mécanismes et des théories scientifiques est d'expliquer les phénomènes naturels.
8. Les investigations scientifiques déploient une grande variété de méthodes.

### 1.2. Exemples d'adaptation pour le primaire

La transposition de ces axes à l'usage des élèves du primaire suppose un renoncement

progressif à l'ambition initiale de la représentation de la science, et un affaiblissement des contraintes. À la limite, dans les plus petites classes, toute activité pourra alors être considérée comme scientifique au regard de formulations suffisamment "faibles". Ainsi, la fabrication en classe de "petites voitures" peut être lue comme une introduction au caractère provisoire des connaissances (les élèves améliorent leurs dispositifs), à leurs caractères social et culturel (ils le font en regardant ceux des autres) ainsi que subjectif (ils réfléchissent aux influences qu'ils ont pu subir) (Quigley et al., 2011).

Un autre risque réside dans l'élaboration de formulations de plus en plus floues et sujettes à interprétation à mesure qu'elles s'adressent à de plus jeunes élèves. Ainsi, « *La science est fondée sur une base empirique* » (Lederman, 1992) peut devenir « *La science étudie des choses* » pour des élèves de CP/CE1 (Akerson & Donelli, 2010 ; Tableau 1).

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Étude empirique</b> | <p><b>Inadéquat :</b> La science est en tout ; la science suit une méthode universelle.</p> <p><b>Adéquat :</b> La science étudie des choses.</p> <p><b>Informé :</b> La science utilise des données pour construire des propositions et créer des idées. Les scientifiques essaient en permanence de comprendre notre monde.</p>                                                                                                                                        |
| <b>Provisoire</b>      | <p><b>Inadéquat :</b> La science ne change pas.</p> <p><b>Adéquat :</b> La science change quand on en apprend plus ou lorsqu'on a de nouvelles technologies.</p> <p><b>Informé :</b> La science change quand on en apprend plus ou que les scientifiques réinterprètent des données existantes.</p>                                                                                                                                                                      |
| <b>Créativité</b>      | <p><i>Penses-tu que les scientifiques utilisent leur imagination quand ils travaillent ?</i></p> <p><b>Inadéquat :</b> Non, ils ne peuvent pas imaginer des choses parce que cela ne serait pas réel.</p> <p><b>Adéquat :</b> Oui, ils peuvent utiliser leur imagination pour élaborer des investigations.</p> <p><b>Informé :</b> Oui, ils peuvent utiliser leur imagination pour élaborer des investigations, interpréter leurs données et créer des explications.</p> |

**Tableau 1** – Exemples de codage sur trois niveaux de formulations d'élèves de CP-CE1 (K1-K2; extrait de Akerson & Donelli, 2010 ; trad. EB/EP)

Valarie Akerson résume sa démarche dans un poster proposé aux enseignants (Fig. 2).

## Tentativeness

Scientific knowledge changes over time as new data is developed and old data is re-interpreted. While this knowledge may change over time, the bulk of scientific knowledge is very reliable – reliable enough for many medical and technological advances to occur.

## Empirical

Scientific knowledge is based on evidence.

## Creativity

Scientists are creative as they generate explanations of evidence. Data does not interpret itself!

## Theory and Law

Both laws and theories are very important in science. Theories and laws have different jobs. Laws are statements of patterns and regularities in the natural world. Theories are explanations for those patterns. Scientific laws and theories are both well-substantiated and have much evidence to support them. A theory does not become a law – they do different things.

## Observation vs. Inference

Scientists make observations of natural phenomena and make inferences as to what these data mean. For example, you may observe that a houseplant's leaves are wilted, droopy, and brown. Then, you might infer that the house plant has not been watered in a long time.

## Social and Cultural Context

Scientists and the practice of science exist within a certain social and cultural context. This social and cultural context may shape the kinds of questions, methods, and interpretations used by scientists. Similarly, science impacts the social and cultural context.

## Subjectivity

Scientists are people who have their own background knowledge and theoretical perspectives. When they make observations, they (just like all people) “see” the information in light of these personal perspectives.

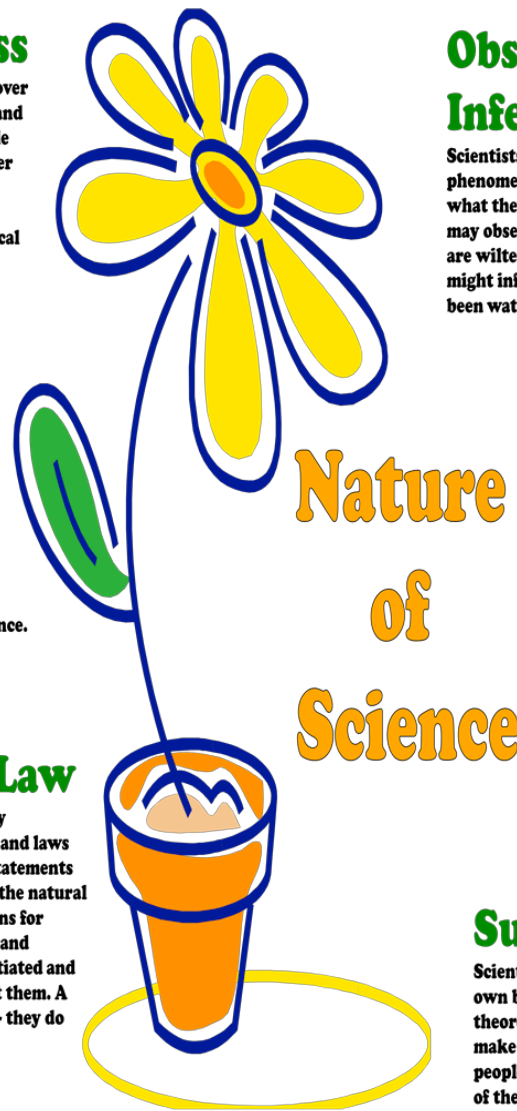


Figure 2 – Poster sur la nature de la science à l’usage des classes de CE2 (K3, Akerson et al., 2010)

### 1.3. Une approche exigeante envers les enseignants

Selon une logique similaire, le NRC décline par édulcorations successives autant de formulations qu’il existe de niveaux d’enseignement pour chacun des huit axes qu’il considère. Ainsi, il attend d’élèves de CP-CE1 qu’ils aient compris « *qu’une investigation scientifique commence avec une question ; que les scientifiques utilisent différentes façons d’étudier le monde ; qu’ils étudient le monde naturel et matériel ; que la connaissance scientifique change quand on découvre de nouvelles informations, etc.* » (NRC, 2013)

Il apparaît que la charge de distinguer les apprentissages de nature scientifique est en fait essentiellement renvoyée sur l’enseignant. En effet, la généralité même de telles formulations a pour conséquence d’en appauvrir la capacité discriminante. Ainsi, les jeunes enfants se posent des questions à tout propos ; or chacune ne suffit pas à “commencer une investigation scientifique” : ce sera à l’enseignant de CP de faire la part entre les questions d’intérêt scientifique et les autres, en interprétant en fonction des

circonstances les critères flous du NRC.

Un corollaire immédiat est que les enseignants doivent eux-mêmes disposer d'une représentation opératoire des pratiques scientifiques qu'ils enseignent et plus généralement de la nature de la science. Aucune de ces conditions ne semble aujourd'hui remplie de façon satisfaisante. Des études réalisées hors de France ont en effet montré que les enseignants ont souvent une connaissance non adéquate, voire naïve, de la nature de la science (questionnaire VNOS, Lederman, 2007), même si la séparation systématique entre nature de la science et pratiques d'investigation, pourtant irréductiblement intriquées, peut y apparaître artificielle (Bächtold & al., 2015). En France, l'Académie des sciences estime qu'environ 50% des enseignants du primaire se considèrent eux-mêmes incapables d'enseigner les sciences (Salençon, 2010).

Nous avons pour notre part interrogé 1163 enseignants et futurs enseignants français du primaire sur ce qui caractérise une pratique ou un discours scientifique :

- 54,5% d'entre eux associent spontanément les sciences à la mise en place d'expériences.

Parmi ceux-là,

- 17,5% associent les expériences à la corroboration d'hypothèses
- 5% seulement posent des contraintes méthodologiques pour s'assurer de la fiabilité d'une expérience (comme sa reproductibilité).

Par ailleurs,

- 7% seulement des enseignants sondés évoquent l'existence de lois et la construction de généralités.

Nos résultats tendent donc à confirmer que les enseignants et futurs enseignants français de l'école primaire ont, à l'instar de leurs collègues étrangers, une vision de la nature de la science à la fois très empirique et passablement naïve, difficilement compatible avec les prérequis d'une approche *top-down* de la nature de la science. (Blanquet, 2014)

## **2. Une approche alternative *bottom-up***

Nous proposons donc à leur usage une approche alternative, que nous qualifierons de *bottom-up*, partant des *pratiques individuelles* effectives dans les classes pour remonter vers une vision plus générale de la méthode scientifique. Celle-ci est alors pensée comme un ensemble de règles, ou de contraintes, assurant la légitimité et la cohérence d'une investigation.

Alors que l'approche *top-down* propose un nombre constant d'éléments de scientificité de formulation variable, l'approche *bottom-up* propose des formulations constantes d'un nombre variable d'éléments de scientificité qui ont vocation à devenir autant d'éléments de base d'une boîte à outils directement applicable en classe.

## 2.1. Un ensemble d'éléments de scientificité adaptés au primaire

Une séquence en démarche d'investigation intègre des pratiques très variées : élaboration d'un questionnaire, formulation d'hypothèses, expérimentation, prise de mesures, documentation des résultats, mises en commun, argumentation, etc. On peut les répartir en trois catégories facilement reconnaissables par les enseignants :

- Observation & expérience
- Discours & représentations
- Argumentation & théorisation

Chacune de ces pratiques peut, individuellement, être ou non menée de façon recevable en termes de méthode scientifique, pour un niveau donné. Les critères évoluent en fonction du niveau de la classe, de l'expérience qu'ont les élèves de la démarche d'investigation et de leur âge, mais aussi des objectifs pédagogiques de l'enseignant et de sa propre maîtrise de la méthode scientifique.

Toutefois, on l'a vu, une majorité d'enseignants s'avère incapable d'énoncer *a priori* les éléments de scientificité, même élémentaires, sur lesquels il leur paraîtrait utile de travailler. Nous avons donc entrepris d'explicitier une collection d'éléments de scientificité susceptibles d'intervenir dans une démarche d'investigation, fournissant aux enseignants un cadre théorique dépassant l'approche naïve majoritaire.

Dans un premier temps, nous avons identifié dans un large corpus d'histoire et de philosophie des sciences, ainsi que dans les écrits de scientifiques majeurs, un ensemble aussi complet que possible d'éléments de scientificité effectivement reconnus et mis en œuvre par les scientifiques modernes (au sens large, l'actualité n'étant *a priori* pas une contrainte de la science scolaire) (Blanquet, 2014). De ce point de vue, notre approche ne diffère pas de celle des tenants de l'approche *top-down*, la légitimité de la méthode de la science scolaire dérivant de celle de la science *stricto sensu*, que nous présumons bien établie, en assumant l'impasse sur les difficultés épistémologiques liées aux révolutions scientifiques du XX<sup>e</sup> siècle (théorie quantique, etc.), hors de propos à l'école primaire.

Dans un second temps, nous avons éliminé les éléments de scientificité non susceptibles d'être travaillés au niveau de l'école primaire. Différents types d'arguments sont intervenus dans cette sélection :

- Certains éléments de scientificité, *a priori* pertinents au regard d'une démarche scientifique globale, se sont avérés trop généraux ou trop abstraits pour s'appliquer simplement à une *pratique particulière*. En pratique, c'est le cas de la plupart de ceux considérés par l'école de N. Lederman ou par le NRC.

e.g. la présence d'une diversité des méthodes (él. sc. 8/ du NRC) s'avère incompatible avec la plupart des séquences effectivement mises en œuvre à l'école primaire et qui, pour un objectif donné, se limitent faute de temps à une méthode expérimentale unique.

- D'autres sont apparus insuffisamment discriminants.

C'est en particulier le cas de la plupart des éléments de scientificité issus d'une approche *top-down* de la nature de la science et édulcorés à l'usage de l'école primaire (e.g. : « la science étudie des choses » (Akerson & Donelli, 2010).

- L'application stricte de certaines exigences de la science professionnelle exclurait des pratiques *a priori* légitime en cours de sciences à l'école primaire.

e.g. la *fécondité* souvent revendiquée des pratiques scientifiques : à l'école, l'intérêt pédagogique d'une pratique prime souvent sur sa fécondité heuristique.

Nous avons ainsi sélectionné 22 éléments de scientificité applicables à des pratiques individuelles de la science scolaire. Ceux-ci se répartissent assez naturellement entre les trois catégories précédentes, auxquelles il convient d'ajouter une catégorie plus ouverte de "méthodologie scientifique" qui intègre des éléments souvent considérés évidents par les scientifiques (mais pas forcément par les élèves et les enseignants du primaire), (Blanquet & Picholle, 2015) (Tableau 3).

| Méthodologie scientifique                                                                               | Observation/<br>Expérience                                                                                                     | Discours<br>& Représentations                                                                                                     | Argumentation<br>& Théorisation                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Primauté de l'expérience<br>Recul<br>Exploitation du spectre de généralité<br>Intégrité<br>Transmission | Opportunité<br>Répétabilité<br>Réplicabilité<br>Robustesse<br>Exhaustivité de la documentation<br>Economie de la documentation | Cohérence lexicale<br>Cohérence symbolique<br>Non-contradiction interne<br>Non-contradiction externe<br>Non vacuité<br>Relativité | Cohérence logique<br>Non scolasticité<br>Univocité (d'une loi)<br>Robustesse (d'une loi)<br>Économie (d'une loi) |

Tableau 3 – Éléments de scientificité adaptés à la science scolaire primaire

## 2.2. Un jeu de critères de scientificité opératoire

Dans un contexte de laboratoire, les éléments de scientificité sont le plus souvent considérés comme autant de contraintes de base, ou de "bonnes pratiques", et appliquées sans référence particulière à la nature de la science. Dans un contexte scolaire, elles ne peuvent être considérées comme comprises de tous et allant de soi. Pour aider les enseignants du primaire à les mettre en œuvre et à reconnaître les pratiques recevables en termes de scientificité, il est donc apparu utile de les présenter sous la forme plus contraignante de *critères de scientificité*, notion empruntée à l'épistémologie.

L'approche *bottom-up* se distingue ici de l'approche *top-down* en ce qu'elle ne cherche pas à transcrire pour l'école un petit nombre de critères de scientificité de haut niveau, très généraux (voire universels, le débat sur la possibilité d'un critère de scientificité unique, comme celui de *réfutabilité*, cher à Karl Popper, ayant parcouru l'épistémologie du XX<sup>e</sup> siècle), mais s'accommode d'une collection conséquente de critères simples adaptés aux différences catégories de pratiques individuelles de la science scolaire.

Nous avons donc établi une liste de 22 énoncés testables dérivés des éléments de scientificité précédents. Leurs formulations ont été soigneusement adaptées au public de l'école primaire. (Tableau 4). Leur principe d'emploi à une production donnée (observation, mesure, énoncé institutionnalisé, etc.) est élémentaire : si celle-ci échoue au test, elle ne peut être considérée comme scientifique, et le processus qui y a mené doit



être reconsidéré (i.e. une expérience doit être corrigée ou refaite, une argumentation reconsidérée, un énoncé reformulé, etc.). Il s'agit donc d'autant de *conditions nécessaires, mais non suffisantes*, de la scientificité d'une production scolaire.

#### **Méthodologie scientifique :**

Critère d'intégrité : *Aucune mauvaise pratique n'est identifiable.*

Critère de transmission : *Les conclusions ont été formellement communiquées.*

Critère de primauté de l'expérience : *Les conclusions ne contredisent aucun fait d'expérience.*

Critère de recul : *Des marqueurs d'une distinction entre le monde physique et ses représentations sont identifiables.*

Critère d'exploitation du spectre de généralité : *Des marqueurs d'une navigation entre le général et le particulier sont identifiables.*

#### **Observation/Expérience :**

Critère d'opportunité : *L'expérience menée vise à acquérir ou à éprouver des connaissances spécifiques.*

Critère de répétabilité : *Le résultat d'une expérience peut être reproduit par le même observateur.*

Critère de répliquabilité : *Le résultat d'une expérience ne dépend pas de l'observateur ; son énoncé peut être testé par n'importe quel observateur présent.*

Critère de robustesse : *Une modification mineure des conditions de l'expérience ne modifie pas dramatiquement son résultat.*

Critère d'exhaustivité de la documentation : *Tous les éléments potentiellement significatifs d'une expérience ou d'une observation sont explicites dans sa documentation.*

Critère d'économie de la documentation : *Seuls les éléments significatifs ou potentiellement significatifs d'une expérience ou d'une observation sont présents dans sa documentation.*

#### **Discours & Représentations :**

Critère de cohérence lexicale : *Tous les termes employés ont une définition univoque.*

Critère de cohérence symbolique : *Tous les symboles sont employés de façon univoque.*

Critère de non contradiction interne : *Le discours ou la représentation n'inclut pas d'éléments contradictoires entre eux.*

Critère de non contradiction externe : *Le discours ou la représentation n'entre pas gratuitement en contradiction avec le corpus accepté.*

Critère de non vacuité : *Le discours ou la représentation véhicule des connaissances spécifiques.*

Critère de relativité : *La portée du discours est explicitement limitée.*

#### **Argumentation & Théorisation :**

Critère de cohérence logique : *Aucune incohérence logique n'est identifiable.*

Critère de non scolasticité : *Il n'est jamais fait appel à l'argument d'autorité.*

Critère d'univocité : *L'énoncé est univoque.*

Critère de robustesse : *L'introduction dans l'énoncé d'une loi d'un paramètre présumé non pertinent ne modifie pas dramatiquement les comportements prédits.*

Critère d'économie : *Seuls des éléments significatifs ou potentiellement significatifs sont présents dans l'énoncé.*

**Tableau 4** –Formulations adaptées à l'école primaire de 22 critères de scientificité

### ***2.3. Des jeux restreints de critères***

Il va de soi qu'en pratique, lors d'une démarche d'investigation, il n'est pas question de tester systématiquement la validité de chaque pratique individuelle au regard de chacun de ces vingt-deux critères. Plus généralement, leur exploration systématique ne constitue pas un objectif crédible à l'école primaire.

Bien au contraire, il s'agit pour chaque enseignant de sélectionner quelques éléments de scientificité adaptés au niveau de sa classe et à ses objectifs pédagogiques, qu'il décide de travailler au cours d'une période donnée. Par convention, seront alors validées comme "scientifiques" les pratiques individuelles répondant aux critères concernés. Le choix d'un jeu restreint de critères détermine sans ambiguïté la scientificité de toute pratique, et plus généralement de toute séquence d'investigation.

Le nombre d'éléments de scientificité travaillés en classe pourra typiquement être de 2 ou 3, parmi les plus concrets, à l'école maternelle ; jusqu'à 4 ou 5 au cycle 3. Dans sa propre pratique de formation d'adultes, l'une d'entre nous (E.B.) emploie majoritairement des jeux de 5 à 7 critères, choisis en fonction du contenu traité en démarche d'investigation et des objectifs de formation.

### ***2.4. Réception par les enseignants***

Dans le cadre de la formation initiale et continue, nous avons présenté à 333 enseignants et futurs enseignants du primaire un jeu restreint de 5 critères de scientificité (primauté de l'expérience, reproductibilité (répétabilité & répliquabilité) et robustesse de l'expérience, recul et exploitation du spectre de généralité).

Cet outil épistémologique s'avère très bien reçu par les participants, qui considèrent à plus de 96% que les critères présentés leur seront utiles pour leur pratique de classe. Plus spécifiquement, sont souvent évoquées la préparation et la régulation de la mise en œuvre de leurs séquences en démarche d'investigation. Ils sont également nombreux à y voir un cadre de référence utile pour leur pratique, ou un outil pour réfléchir sur leur pratique passée et future. Une part significative des enseignants stagiaires (42%, 74 réponses) déclarent avoir effectivement mis en œuvre ces compétences nouvelles pendant leur année de formation.

Les éléments les plus souvent retenus par les enseignants sont, de loin, la reproductibilité, la robustesse et la primauté de l'expérience (Blanquet, 2014).

## **3. Un exemple d'emploi**

La contrepartie de la liberté pédagogique associée au choix par l'enseignant d'un jeu restreint de critères de scientificité est l'introduction d'une forme d'arbitraire dans sa définition de la science scolaire. C'est ainsi qu'une même pratique pourra apparaître recevable ou non du point de vue de la méthode scientifique pour différents choix de critères par l'enseignants, ou qu'une pratique recevable à une période donnée de la formation pourra ultérieurement cesser de l'être, l'enseignant ayant jugé possible

d'introduire un élément de scientificité supplémentaire, ceux sur lesquels il travaillait antérieurement lui semblant acquis.

L'analyse d'une démarche d'investigation classique à l'école primaire permet d'illustrer cette difficulté. Le tableau 5 propose trois implémentations distinctes (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> & I<sub>3</sub>) d'une séquence sur les leviers visant à établir l'équilibre horizontal d'une planchette posée sur un pivot. Aucune de ces implémentations ne peut être considérée comme scientifique *per se*. On les confronte donc à des jeux restreints de critères de scientificité : J<sub>1</sub> (Primauté de l'expérience [PE] seule), J<sub>2</sub> (PE + Réplicabilité [Rép.]) & J<sub>3</sub> (PE + Rép. + Robustesse [Rob])

| Implémentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | PE | Rep. | Rob. | J <sub>1</sub> | J <sub>2</sub> | J <sub>3</sub> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|------|----------------|----------------|----------------|
| <b>I<sub>1</sub></b> : Les élèves utilisent des boules de pâte à modeler. Chaque groupe fabrique ses propres boules, différentes pour chacun. Aucune question sur l'équipement n'est posée par l'enseignant et aucune comparaison systématique des résultats n'est proposée.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ×  | ×    | ×    | N<br>S         | N<br>S         | N<br>S         |
| <b>I<sub>2</sub></b> : Les élèves utilisent tous le même matériel (les boules de pâte à modeler sont de même masse, forme et couleur ou remplacées par des masses marquées). Il leur est demandé de prévoir ce qui va se passer avant de faire une manipulation et de comparer leurs prévisions aux résultats. L'enseignant s'assure que toutes les contradictions sont résolues en donnant la primauté à l'expérience. Les résultats sont systématiquement comparés et les résultats divergents sont discutés jusqu'à ce qu'une justification basée sur une différence expérimentale soit exprimée. L'expérience est alors refaite en supprimant cette différence. | ✓  | ✓    | ×    | S              | S              | N<br>S         |
| <b>I<sub>3</sub></b> : Comme I <sub>2</sub> . De plus, toute différence expérimentale ou toute idée supplémentaire est discutée et sa pertinence est expérimentalement vérifiée en faisant varier le paramètre considéré (e.g. modification de la couleur ou de la forme de la pâte à modeler, de la taille de la planchette, de la hauteur ou de la position du pivot).                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ✓  | ✓    | ✓    | S              | S              | S              |

**Tableau 5** – Éligibilité de trois implémentations d'un travail sur les leviers pour différents jeux de critères. De gauche à droite : détail des implémentations ; test (PE : primauté de l'expérience, Rep : reproductibilité, Rob : robustesse) ; éligibilité au regard de trois jeux de critères (S : scientifique / NS : non scientifique)

On constate que les pratiques de l'implémentation I<sub>1</sub> ne seront jamais considérées comme scientifiques, que celles de I<sub>1</sub> pourront l'être pour les jeux (très) restreints J<sub>1</sub> & J<sub>2</sub>, mais pas pour J<sub>3</sub>, faut de test de la robustesse de l'expérience. I<sub>3</sub> pourra toujours être considérée comme scientifique dans une classe de CP travaillant sur la primauté de l'expérience, la répliquabilité et la robustesse (mais pas nécessairement pour un groupe d'étudiants MEEF dont on attend en outre une documentation économe, etc.). Leur scientificité dépend donc du jeu de critères de scientificité déterminé préalablement par l'enseignant.

## Conclusion

L'explicitation d'éléments de scientificité apparaît comme un complément bien reçu par les enseignants et futurs enseignants à des programmes trop discrets sur les attentes et les objectifs en termes de méthodologie scientifique. À l'école primaire, l'énoncé de contraintes méthodologiques simples portant sur des pratiques expérimentales individuelles, comme la reproductibilité ou la robustesse d'une expérience, ou encore sur la primauté de l'expérience, semble permettre aux enseignants de se considérer eux-mêmes comme légitimes pour enseigner les sciences, au niveau qui est le leur, ce qui, trop souvent encore, n'est pas le cas.

Les éléments de scientificité globaux mis en avant par les approches *top-down* traditionnelles de la nature de la science font reposer sur les enseignants le poids de l'identification de pratiques individuelles recevables ou non en termes de méthodologie scientifique, et apparaissent donc peu adaptés à ce public. Les approches *top-down* et *bottom-up* apparaissent donc largement complémentaires : la première trouve ses limites quand on tente de l'adapter pour de jeunes enfants, auxquels la seconde apparaît bien adaptée ; inversement, la mise en œuvre de l'approche *bottom-up* se complexifie à mesure que l'on envisage une vision plus ambitieuse de la science, le nombre d'éléments de scientificité à gérer augmentant à mesure que l'enfant progresse dans sa scolarité.

D'un point de vue pédagogique, cette approche permet en outre

- de familiariser les élèves avec des éléments de méthodologie scientifique et de s'approprier des bonnes pratiques, y compris dès les classes maternelles.
- d'identifier ces éléments méthodologiques comme des critères de validité "scientifique" des pratiques d'investigation dans lesquelles ils s'engagent.

Des études complémentaires seront toutefois nécessaires pour évaluer quantitativement son implémentation effective dans les classes, sur son impact sur la représentation de la science par les élèves, et sur les effets à moyen et long terme d'une initiation précoce à la méthode scientifique.

## Références

- Akerson, V. L. & Abd-El-Khalick, F. (2005). « How should I know what scientists do ? — I'm just a kid » : Fourth-Grade Students' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Elementary Science Education*, 17 (1), 1-11.
- Akerson, V. L. & Donelli, L. A. (2010). Teaching Nature of Science to K2 Students : What understandings can they attain ? *International Journal of Science Education*, 32(1), 97-124.
- Akerson, V. L., Weiland, I., Pongsanon K. et Nargund, V. (2010). Evidence-based Strategies for Teaching Nature of Science to Young Children. *Journal of Kirsehir*

*Education Faculty*, 11(4), 61-78.

Bächtold, M., Cross, D., Luz, M., Molvinger, K. et Munier, V. (2015). Teachers' view of science assessment: breaking the border between NOS and scientific inquiry. Conference ESERA 2015, 31 août-4 septembre 2015, Helsinki, Finlande.

Blanquet, E. & Picholle, É. (à paraître, 2015). Premiers contacts avec la modélisation scientifique à l'école. in Evrard T. (dir.), *Réveille-moi les sciences ! Apprendre les sciences de 2 1/2 à 14 ans*. Tome 2. Belgique : De Boeck.

Blanquet, E. (2014). *La construction de critères de scientificité pour la démarche d'investigation : Une approche pragmatique pour l'enseignement de la physique à l'école primaire*. Thèse de doctorat. Accessible sur le site de l'université de Genève : <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:42783> (août 2015)

Harlen, W. (2009). Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-Based Science Education (IBSE). Wynne Harlen and Jorge E. Allende (Eds). Sept, 2009, rapport accessible sur le site <http://www.interacademies.net> (août 2015)

Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

NRC (2013). *Next Generation Science Standards*. Disponible sur le site : <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards> (août 2015)

Quigley, C., Pongsanon, K. et Akerson, V. L. (2011). If we teach them, they can learn : Young student' views of nature of science during an informal science education program. *Journal of Science Teacher Education*, 22 (2), 129-149.

Salençon, J. (2010). Allocution d'ouverture du colloque « Cultiver la science. La formation continue des professeurs enseignant les sciences », Paris, avril 2010.