



HAL
open science

Une approche bottom-up de la méthode scientifique à l'école maternelle : Réception par les enseignants

Estelle Blanquet, Éric Picholle

► **To cite this version:**

Estelle Blanquet, Éric Picholle. Une approche bottom-up de la méthode scientifique à l'école maternelle : Réception par les enseignants. 2019. hal-02509972

HAL Id: hal-02509972

<https://hal.science/hal-02509972v1>

Preprint submitted on 17 Mar 2020

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Une approche bottom-up de la méthode scientifique à l'école maternelle : Réception par les enseignants

Estelle Blanquet
Université de Bordeaux & INSPE d'Aquitaine
LACES, EA7437
160 Avenue de Verdun, 33 700 Mérignac
estelle.blanquet@u-bordeaux.fr

& Éric Picholle
CNRS
Institut de Physique de Nice (INPHYNI)
UMR 7010 CNRS & Université Côte d'Azur
Parc Valrose 06108 Nice cedex, France

Résumé

Un faisceau d'enquêtes auprès d'enseignants français de maternelle vise dans un premier temps à documenter leur vision spontanée de la nature de la science et établit que, sans formation spécifique, celle-ci reste peu opératoire. Cinq éléments de méthode scientifique susceptibles d'être incorporés dans des pratiques de classes à l'école maternelle, et plus spécifiquement dans des démarches d'investigation adaptées, sont ensuite proposés. Enfin, l'évaluation de la réception très positive de ces éléments de méthode par les enseignants de maternelle et l'identification des usages possibles de cet outil qu'ils envisagent dans leur classe suggèrent qu'une approche *bottom-up* de la science scolaire pourrait favoriser le développement d'activités scientifiques à l'école maternelle.

Abstract

This article first seeks to document the vision of the nature of science spontaneously held by French kindergarten teachers, which is deemed weakly operational without specific training. Elements of scientificity that can be incorporated into class practices, and more specifically investigative approaches adapted to kindergarten, are then proposed. Finally, the evaluation of the very positive reception of these method elements by Kindergarten teachers and the identification of the possible uses of this tool in their class suggest that a bottom-up approach of school science could favor the development of scientific activities in kindergarten.

Mots-clés

École maternelle ; Scientificité ; Enseignant du primaire ; Expérience scientifique ; Reproductibilité des résultats ; Robustesse

Keywords

Kindergarten ; Scientificity ; Primary School Teacher ; Scientific experiment ; Reproducibility of Results ; Robustness

1. Introduction

Découpés en cinq domaines d'apprentissage, les programmes français de l'école maternelle (BO, 2015) évoquent, dans leur section « *Explorer le monde du vivant, des objets et de la matière* », « *des activités qui amènent les enfants à observer, formuler des interrogations plus rationnelles, construire des relations entre les phénomènes observés, prévoir des conséquences, identifier des caractéristiques susceptibles d'être catégorisées.* » Si l'on peut vouloir y reconnaître les prémisses d'une initiation à certains éléments de *méthode scientifique*, ce dernier syntagme reste absent des programmes, de même que le terme de *science* lui-même.

Cette lacune traditionnelle — les précédentes versions du programme de la maternelle préféraient la notion de « découverte du monde » à celle de son « exploration », mais ne faisaient pas plus explicitement référence à la science — souligne une double difficulté, de nature épistémologique et professionnelle. D'une part, serait-il légitime de parler de science à l'école maternelle, et en quel sens ? S'il existe une science scolaire, cela implique-t-il nécessairement des éléments de méthode similaires à ceux de la (ou plutôt des — Schizas, Psillos, & Stamou, 2016) méthode de la science professionnelle ? D'autre part, les recherches en didactique récentes concernant la nature de la science ("*Nature of Science*", ou NoS, dans la mesure où ces travaux restent très majoritairement anglophones) ont clairement établi que l'absence chez les enseignants de représentation claire de la science constituait un obstacle significatif à son enseignement (N. Lederman, 2007), voire que, « *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* » (Harlen, 2009).

Curieusement absente des analyses des philosophes *stricto sensu*, la question suscite aujourd'hui un regain d'intérêt considérable en didactique des sciences (J. Lederman, 2019). On peut distinguer deux types d'approche (Blanquet & Picholle, 2017) : une approche *top-down*, procédant par édulcorations successives pour adapter une vision adulte de la science professionnelle à un public scolaire ; et une approche *bottom-up* partant des pratiques concrètes dans les classes pour élaborer une vision plus générale de la science (Blanquet, 2014).

1.1. Une approche *top-down* de la science à l'école maternelle

Principalement conçue pour qualifier la science des lycées, l'approche *top-down* s'avère assez efficace à ce niveau et très largement dominante, en particulier aux États-Unis, où elle influence directement les programmes de science au lycée comme désormais à l'école primaire (NGSS, 2013). S'il conviendrait pour être complet de distinguer plusieurs mises en œuvre concurrentes (N. Lederman, 1992 ; Duschl & Grandy, 2013 ; Xiao & Sandoval, 2017 ; Erduran & Dagher, 2014), nous nous contenterons ici d'évoquer rapidement celle de Norman Lederman, largement représentative et ayant donné lieu à la plupart des développements vers l'école primaire. Ce dernier identifie sept caractéristiques de la science accessibles à des

lycéens, très générales et consensuelles :

- La connaissance scientifique est provisoire (i.e. susceptible d'être modifiée)
- La connaissance scientifique est fondée sur une base empirique (elle dérive d'observations du monde naturel)
- La connaissance scientifique est subjective (elle implique des biais personnels et dérive de choix théoriques)
- La connaissance scientifique implique des inférences logiques, l'imagination et la créativité d'êtres humains
- La connaissance scientifique est enracinée socialement et culturellement.
- Il convient de distinguer soigneusement observations et inférences
- Il convient de distinguer soigneusement théories et lois scientifiques.

Valarie Akerson et ses collaborateurs (Akerson & Abd-El-Khalick, 2005 ; Akerson & Donelli, 2010) ont systématiquement entrepris d'adapter ces propositions à des publics plus jeunes, jusqu'à l'équivalent de la Grande Section de l'école maternelle. En effet, affirment-ils, « *il ressort clairement de notre travail que des enfants n'ayant pas plus de cinq ans peuvent commencer à développer des conceptions appropriées à propos de la nature de la science lorsqu'on leur enseigne effectivement ces idées au travers de démarches d'investigation qui insistent sur elles et les connectent à des contenus enseignés à ce niveau.* » (Akerson *et al.*, 2010). Ils constatent par ailleurs que certains aspects de la nature de la science sont plus accessibles que d'autres aux très jeunes élèves ; ainsi, ils leur apparaissent « *mieux capables de conceptualiser la créativité scientifique, la nature provisoire, observationnelle et empirique de la science que ses éléments subjectifs et sociaux.* » (*idem*)

Procédant encore par édulcorations successives, ils proposent des reformulations des caractéristiques de la science considérées pour les différents niveaux de classe. La recherche de compromis entre la précision de formulations épistémologiques de départ parfois assez abstraites et leur accessibilité par de jeunes élèves, inhérente à l'approche *top-down*, apparaît inévitablement de plus en plus périlleuse à mesure que l'âge du public-cible diminue, au risque d'aboutir à des formulations de plus en plus floues et sujettes à interprétation lorsqu'elles s'adressent aux plus jeunes élèves.

Ainsi, une reformulation de la proposition « *La science est fondée sur une base empirique* » (N. Lederman, 1992) jugée adéquate de la part d'élèves de K1-K2 (6-7 ans), peut devenir « *La science étudie des choses* » ; une réponse idéale d'élève, "informée", serait alors : « *La science utilise des données pour construire des propositions et créer des idées. Les scientifiques essaient en permanence de comprendre notre monde.* » (Akerson & Donelli, 2010 ; Blanquet & Picholle, 2017).

Ce constat n'est pas très surprenant dans la mesure où la plupart des approches *top-down* de la nature de la science sont en grande partie focalisées sur la question du *savoir* scientifique (*Nature of Scientific Knowledge, NoSK* — Lederman, Abd-El-Khalick

& Smith, 2019) plus que sur celle de caractéristiques plus concrètes (*Features of Science*, FoS — Matthews, 2012), et *a fortiori* de pratiques assez simples pour être transférables dans les petites classes, moins concernées par les connaissances *stricto sensu*.

1.2. Une approche bottom-up de la science à l'école maternelle

Une approche alternative, dans une large mesure complémentaire (Blanquet & Picholle, 2017) et à notre sens mieux adaptée à l'école primaire, consiste à identifier dans la diversité des pratiques scientifiques et des analyses épistémologiques des contraintes récurrentes, revendiquées comme des éléments de méthode essentiels mais suffisamment simples et concrets pour être aisément transférables à l'école primaire (Blanquet, 2014).

Une fois ce transfert effectué vers des séquences dûment testées en classe, on peut envisager ces éléments comme des contraintes méthodologiques, dont le respect ou non constitue autant de critères de scientificité, et donc construire des définitions évolutives de la science scolaire basées sur des pratiques de classes.

1.3. Les enseignants et la science scolaire

Encore aujourd'hui, fort peu d'études sont disponibles sur l'implication des enseignants français de primaire et au-delà (Pélicier, 2011). La principale étude, déjà ancienne, aboutit à une description d'enseignants, tous niveaux confondus, « *porteurs d'un patchwork d'épistémologies au sein duquel le statut des connaissances scientifiques n'est pas très bien défini car elles sont à la fois vraies, objectives, prouvées, subjectives et évolutives* », aboutissant de ce fait à « *un mélange non réfléchi et donc peu cohérent d'idées* » (Roletto, 1998). Une étude réalisée auprès de 777 enseignants et futurs enseignants français du primaire sur ce qui caractérise une pratique scientifique (Blanquet & Picholle, 2020) tend à confirmer que l'épistémologie spontanée des enseignants relève très majoritairement du "réalisme naïf", au sens de Bachelard (1940). Les études étrangères ne sont pas beaucoup plus optimistes. Ken Appleton (2007) conclut à un « *blocage* » des enseignants du primaire quant à l'enseignement des sciences, et Norman Lederman (2007) que même « *les enseignants en sciences ne disposent pas de représentations adéquates de la nature de la science, indépendamment de l'outil utilisé pour évaluer leur compréhension* », leur compréhension — et par suite celle des élèves — s'étant « *avérée systématiquement insuffisante* ».

Un corollaire préoccupant, quoique également peu documenté, est que près de la moitié des enseignants français de cycle 3 s'estiment incompetents pour enseigner les sciences, selon une estimation du Président de l'Académie des sciences (Salençon, 2010), ou au mieux, mettent « *l'accent plus sur la mémorisation que la compréhension* », du fait de « *la situation inconfortable de certains instituteurs à qui l'on demande d'enseigner des matières dans lesquelles ils ne se sentent pas en confiance ou n'ont pas des connaissances suffisantes* » (Rocard, 2007). Certains chercheurs n'hésitent pas à affirmer que « *la place de l'éducation scientifique demeure encore marginale dans les pratiques effectives des enseignants à l'école primaire* » (Bisault, 2011). Une telle situation pourrait s'expliquer,

au moins en partie, par la faiblesse de la formation en sciences des enseignants du primaire, pour la plupart issus d'une filière littéraire, l'IGAENR (2017) évaluant à seulement 16% la proportion de titulaires d'une licence scientifique, alors même que le volume horaire consacré à les préparer à l'enseignement des sciences est singulièrement réduit.

Plus spécifiquement, on dispose d'encore moins de données publiées en ce qui concerne l'investissement effectif des enseignants de maternelle français dans l'initiation des jeunes enfants aux sciences. L'IGEN et l'IGAENR dans un rapport conjoint (IGEN/IGAENR, 2011) notent une surreprésentation des activités liées à la découverte de l'écrit et de la numération. Ainsi, 7,6% seulement des ateliers observés lors de 318 visites de classe de maternelle relevaient du champ « découvrir le monde ». Cette faible proportion reste néanmoins difficile à interpréter, dans la mesure où elle pourrait aussi dériver d'une réticence des enseignants à exposer au jugement leur pratique dans ce domaine, même si elle est bien réelle. On peut également souligner la faiblesse du volume l'horaire consacré à une formation initiale spécifique à l'enseignement en maternelle (Coquidé, 2007).

Dans une étude réalisée auprès de douze enseignants de maternelle expérimentés et reconnus par leur inspecteur de l'éducation nationale pour leur pratique régulière d'activités scientifiques, Catherine Ledrapier note en outre que « *la moitié des corpus analysés présente une logique basée sur les acquisitions langagières et les spécificités de l'école maternelle (motivation, activité)* », pour laquelle « *tout autre domaine que le domaine scientifique aurait aussi bien convenu pour l'exercice* ». L'autre moitié présente « *une logique basée sur les caractéristiques des activités scientifiques (ou ce que les enseignants pensent qu'elles sont)*. » même si « *à l'observation, une seule séance privilégie effectivement la démarche et est classée en catégorie démarche scientifique, comme l'était la préparation correspondante* » (Ledrapier, 2010).

Ces premiers éléments suggèrent que les enseignants français de maternelle enseignent peu les sciences et que, lorsqu'ils affirment qu'ils en font, ils n'en font pas vraiment. Des enquêtes internationales aboutissent à des conclusions similaires. Ainsi, seuls 22% d'un panel d'enseignants de maternelle (Grèce) considèrent avoir une maîtrise des contenus scientifiques suffisante pour enseigner les sciences (Kallery et Psillos, 2001) ; Garbett (2003) met pour sa part en évidence la maîtrise insuffisante des concepts qu'ils sont censés enseigner par de nombreux enseignants de maternelle de Nouvelle-Zélande. Une autre étude réalisée aux États-Unis auprès de plus de 3000 enseignants de maternelle conclut que « *ce que les enseignants de maternelle considèrent comme un enseignement scientifique ne correspond pas à la conceptualisation d'un enseignement scientifique efficace que suggèrent les recherches contemporaines en didactique des sciences* » et qu'il « *est essentiel de fournir aux enseignants de maternelle plus de connaissances scientifiques et de stratégies pédagogiques efficaces pour enseigner les sciences aux jeunes élèves* » (Saçkes et al., 2011).

1.4. Questions de recherche

Le premier objectif de cet article sera donc de tenter de déterminer si l'on peut ou non considérer que, sans formation spécifique, les enseignants de maternelle français disposent spontanément d'une vision opératoire de la nature de la science.

Un deuxième enjeu sera de déterminer quels éléments de méthode scientifique sont susceptibles d'être incorporés dans des pratiques de classes, et plus spécifiquement des démarches d'investigation, adaptées à l'école maternelle.

Enfin, nous tenterons d'évaluer la réception de ces éléments de méthode par les enseignants de maternelle, et de déterminer dans quelle mesure leur appropriation par ces derniers, dans le cadre d'une approche *bottom-up* de la science scolaire, est susceptible de modifier leur attitude générale au regard de celle-ci, ainsi que leur détermination à l'enseigner.

La question complémentaire de déterminer si cette approche doit être réservée à la Grande Section (5-6 ans) ou s'il est envisageable de la mettre en œuvre dès la Petite Section de maternelle (3-4 ans) sera traitée dans un second volet de la présente étude (Blanquet & Picholle, soumis).

2. État des lieux

Pour établir une première ligne de base sur l'épistémologie spontanée des enseignants français de maternelle et sur leur estimation de leur propre capacité à enseigner les sciences, nous avons interrogé 268 enseignants en poste participant à des formations spécifiques à ce niveau sur leur vision soit du statut de leurs propres positionnement professionnel au regard de la science, soit plus généralement de la scientificité d'une expérience.

2.1. Méthodologie

Les questions ont été posées sous forme de questionnaire ouvert, en début de formation, assurée par l'un de nous (EB), toujours en situation de praticien-chercheur. Le dépouillement a été effectué indépendamment par les deux auteurs, avec un excellent recouvrement une fois les catégories définies.

165 enseignants du primaire en poste dans les Alpes-Maritimes ont accepté de s'auto-positionner sur une échelle graduée de 1 à 10, 1 signifiant : « *Je ne me sens pas du tout capable d'enseigner les sciences* » ; et 10 : « *Je suis tout à fait à l'aise pour enseigner les sciences* ».

73 enseignants de maternelle ont répondu à la question « *Comment savez-vous que vous faites des sciences avec vos élèves ?* » Il leur a été précisé à l'oral que l'on attendait d'eux qu'ils identifient les éléments leur permettant de caractériser une activité de classe comme scientifique.

65 enseignants ont quant à eux répondu à la question : « *Qu'est-ce qui caractérise une expérience scientifique ?* ». Afin de garantir sa bonne compréhension par les

enseignants, cette question a été explicitée oralement en précisant qu'il était possible de faire une expérience sans qu'elle ait un caractère scientifique et qu'il était attendu des éléments permettant de s'assurer de sa scientificité, de sa validité. Parmi ceux-là, un groupe (soit 35 enseignants) a répondu aux deux dernières questions.

Une fois les questionnaires recueillis, le praticien-chercheur a évoqué deux types d'activité présumées "non scientifiques" : l'enquête d'un garagiste se posant la question de l'origine d'une panne automobile, émettant et testant des hypothèses dans une approche semi-empirique et celle d'un cuisinier s'interrogeant sur la façon d'améliorer la recette d'un gâteau, émettant une hypothèse et la testant en cuisine pour trouver la réponse et noter la modification dans son cahier de recette. Il a alors été demandé aux enseignants de réagir oralement sur l'éventuelle scientificité de ces démarches, ou ce qui permettrait de la remettre en cause.

2.2. Une fragilité persistante du rapport à la science

80% des 165 enseignants du primaire interrogés s'auto-attribuent une note entre 1 et 5, et s'estiment donc incapables, ou tout juste capables d'enseigner les sciences. Plusieurs choisissent même de sortir de l'échelle proposée pour s'attribuer une note négative.

2.3. Une épistémologie spontanée liée à la démarche d'investigation

La très grande majorité des réponses obtenues sont courtes (de 2 à 30 mots) et incluent de 1 à 5 éléments caractéristiques dont la plupart associées classiquement à la démarche d'investigation (se questionner, observer, expérimenter, formuler des hypothèses, tester/vérifier des hypothèses, formuler une conclusion). Le tableau 1 présente la répartition des différents éléments de réponse selon l'ensemble des catégories identifiées.

Catégorie de réponse	Nombre d'occurrences (sur 73)	Fréquence
Faire des expériences	66	90,4%
Se questionner	37	50,7%
Émettre des hypothèses	31	42,5%
Faire des observations	29	39,7%
Découvrir ou explorer le monde	17	23,3%
Travail sur le vivant, les animaux, végétaux, les objets techniques, les changements d'état, etc.	16	21,9%
Utilisation de vocabulaire spécifique	5	6,8%
Présence d'argumentation (1), de raisonnement (2) ou de déduction (3)	6	8,2%
Modification d'un paramètre	1	1,3%
Idée de reproduction (« On fait des sciences lorsque l'on peut expérimenter, essayer et reproduire. »)	1	1,3%

Tableau 1 : Répartition des éléments de réponse selon les différentes catégories (73 réponses)
Total supérieur à 100% du fait de la prise en compte de plusieurs éléments par réponse.

Le résultat le plus flagrant est que la quasi-totalité des enseignants de maternelle questionnés considèrent qu'ils font des sciences avec leurs élèves lorsqu'ils font des expériences (90,4%).

Viennent ensuite le fait de pratiquer des observations (39,7%), d'exercer un questionnement (50,7%), d'émettre des hypothèses (42,5%), de les tester (23,2%) et de formuler une réponse (20,4%). Découvrir et explorer le monde qui entoure les élèves (conformément à la formulation des programmes? — BO, 2015) est une caractéristique des activités scientifiques dans leur classe pour 23,3% d'entre eux, 21,9% associent les activités scientifiques à des domaines d'étude particuliers (vivant, monde animal et végétal, monde des objets techniques, travail sur la matière, etc.) et 6,8% à l'utilisation d'un vocabulaire spécifique.

La présence d'argumentation, de raisonnement, de déduction est en revanche très minoritaire dans les réponses, de même que des éléments de méthode scientifique comme le test de la reproductibilité ou de la robustesse d'une expérience (moins de 10%).

On reconnaît dans ces réponses, et dans leurs combinaisons (Tableau 2), de nombreux éléments de la démarche d'investigation telle que définie dans les attendus du socle commun (SCCCC, 2015) ainsi que des objectifs et expressions utilisées dans les programmes officiels du cycle 1 (B.O. 2015) : les enseignants interrogés semblent s'être appropriés la démarche scientifique et le discours officiel.

Mention de la notion d'expérience (66)	Notion de questionnement	37	56%	Formulation d'hypothèses	17	46%	Formulation conclusion	5	29%
				[non]	20	54%	[non]	12	71%
				Formulation conclusion	5	25%	[non]	15	75%
				[non]	15	75%	[non]	15	75%
	[non]	29	44%	Formulation d'hypothèses	14	48%	Formulation conclusion	2	14%
				[non]	12	86%	[non]	12	86%
				Formulation conclusion	3	20%	[non]	12	80%
				[non]	15	52%	[non]	12	80%

Tableau 2 : Arborescence des catégories en cas de réponses multiples pour les éléments en lien avec la démarche d'investigation (66 réponses)

Total supérieur à 100% du fait de la prise en compte de plusieurs éléments par réponse.

Néanmoins, alors que plus de neuf enseignants sur dix associent les activités scientifiques dans leur classe à l'expérimentation, seuls deux d'entre eux, au total, proposent des éléments méthodologiques pour sa mise en œuvre (modification d'un paramètre, reproduction de l'expérience). Les programmes n'explicitant pas les précautions à prendre pour assurer la fiabilité d'une expérience dans le cadre d'une démarche scientifique, la quasi-absence de références à des éléments méthodologiques pourrait être liée à leur méconnaissance ou non-appropriation explicite par les enseignants.

2.4. Expérience scientifique et hypothèse

64 réponses exploitables ont été recueillies sur les 65 participants du second ensemble d'enseignants, auxquels on a demandé ce qui caractérisait selon eux une expérience scientifique. Ceux-ci ont spontanément exprimé leur difficulté à répondre à la question posée et leur souhait d'une définition explicite d'une « expérience scientifique ».

La très grande majorité des réponses obtenues sont courtes (de 4 à 25 mots, par exemple : « Une bonne expérience est une expérience qui permet de valider ou non une hypothèse de départ. » ; « Elle débouche sur un questionnement, elle apporte une réponse au questionnement initial. », « Une expérience est valide quand : faire des expériences, manipuler, observer. ») ; elles peuvent être décomposées en un nombre limité d'éléments de réponse. 113 éléments de réponse ont ainsi été isolés. Parmi ceux-là, 101 ont pu être rassemblés dans 7 grandes catégories contenant chacune de 7 à 18 éléments de réponse (Tableau 3).

31 réponses sur 64 (48%) comportent un élément unique de réponse ; 21 (33%) en comportent seulement 2. Seuls 4 enseignants mentionnent 4 ou 5 éléments (6%).

<i>Une expérience scientifique est scientifique si :</i>		% d'enseignants
Elle répond ou cherche à répondre à une question	18	28%
Elle permet le test ou la validation d'une hypothèse	33	52%
Une hypothèse a été formulée	11	17%
Il y a une conclusion, une synthèse ou un compte-rendu des résultats	15	23%
Il y a présence d'une expérience témoin ou variation d'un paramètre	9	14%
Elle est reproductible	7	11%
Elle comporte des manipulations, des observations, des essais, s'appuie sur des éléments concrets, permet l'acquisition de connaissances scientifiques	8	13%
Autres éléments (nature du contenu : 3 ; matériel spécifique : 2 ; langage scientifique : 3 ; rigueur, précision : 1 ; nécessité d'« arriver au résultat escompté pratique qui coïncide avec la théorie » : 1 ; l'expérience « devient une nouvelle règle, une loi » : 1 ; « la conclusion sert à d'autres expériences » : 1)	12	19%
Total	113	177%

Tableau 3 : Répartition des éléments de réponses sur les différentes catégories (64 réponses)
Total supérieur à 100% du fait de la prise en compte de plusieurs éléments par réponse.

Une très grande majorité (87%) des enseignants de maternelle interrogés associent cette fois la scientificité d'une expérience à ses liens avec un processus non expérimental, comme l'émission ou le test d'hypothèses, la formulation d'une question ou d'une conclusion (voire, exceptionnellement de l'ensemble de ces trois éléments).

Ce résultat relativise considérablement celui du questionnaire précédent, dont les réponses étaient plus orientées vers un contexte d'enseignement : même si aucun ne l'exprime directement ainsi, il apparaît clairement que, pour les enseignants de maternelle, la scientificité d'une pratique est associée à une combinaison d'une approche expérimentale et d'un discours interprétatif.

8 des 18 enseignants qui mentionnent la présence d'un questionnaire proposent 3 caractéristiques ou plus (44%) alors que ce n'est le cas que pour 7 des 46 autres enseignants (15%). Ils sont en revanche 44 (69%) à associer une expérience scientifique à la présence ou au test d'une hypothèse.

A contrario, la scientificité d'une expérience est rarement associée à de "bonnes pratiques" proprement expérimentales, comme le test de la reproductibilité, mentionné par seulement 7 enseignants (11%). L'un de ces derniers propose par ailleurs que la « *conclusion obtenue puisse servir à d'autres expériences* » (5 éléments cités) et un autre que les résultats deviennent « *une nouvelle règle, loi* » (4 éléments cités). 7 autres (11%) indiquent la nécessité d'un « *montage témoin* » ou de la variation d'un paramètre.

2.5. De la scientificité des investigations du garagiste et du cuisinier

La confrontation des conceptions initiales sur la nature de la science et la méthode expérimentale des enseignants interrogés à la question de la scientificité d'une investigation bien menée à propos d'une panne mécanique ou d'une recette de cuisine a semblé fortement déstabiliser la grande majorité d'entre eux.

Plusieurs grandes tendances sont apparues dans les échanges :

- Cohérents avec eux-mêmes, certains enseignants étaient prêts à reconnaître ces pratiques comme scientifiques, dans la mesure où elles présentaient les caractéristiques qu'ils avaient précédemment identifiés — formulation d'une question, formulation et test d'hypothèses, conclusion explicite, etc. — (cf. *supra*). Après qu'il leur avait été demandé s'ils pensaient que le garagiste ou la cuisinière estimaient eux-mêmes avoir réalisé une expérience scientifique, certains modifiaient toutefois leur propos et affirmaient que ces personnes suivaient une *démarche* scientifique « *même si ce n'est pas une expérience scientifique* ».
- D'autres justifiaient par surcroît la scientificité des investigations du garagiste et du cuisinier par le fait qu'ils mobiliseraient respectivement des connaissances en physique et en chimie.
- Enfin, certains enseignants restaient perplexes et en attente d'une réponse du formateur.

Il est également apparu que des exemples similaires pouvaient être trouvés à propos de pratiquement n'importe quelle activité humaine impliquant une interaction avec le monde physique ou avec un objet technique.

Les débats suscités par ce paradoxe apparent ont, dans presque tous les groupes, rapidement entraîné le constat spontané d'un défaut de compréhension de la nature de la science, et la demande d'outils et de critères plus opératoires permettant de discriminer des pratiques relevant ou non de la science.

3. Une approche *bottom-up* de la science à l'école maternelle

Les enseignants ne sont en général que trop conscients de la diversité de la science et de ses méthodes, ainsi que de la variété des contraintes de forme ou de procédure qu'ils ont eu l'occasion de rencontrer au cours de leurs études primaires et secondaires, même s'ils apparaissent rarement capables de les détailler (cf. 2.3). Il est donc relativement facile de les convaincre que, comme l'ont établi les épistémologues du XX^e siècle (Feyerabend, 1975 ; Popper, 1976) avant les didacticiens des sciences (N. Lederman, 1992 ; Blanquet, 2014), la scientificité ne saurait être réduite à un unique critère universel, mais passe également par une variété de critères complémentaires les uns des autres.

Dans une précédente étude, nous avons ainsi identifié vingt-deux éléments de scientificités applicables à des pratiques observées à l'école primaire (Blanquet & Picholle, 2017). Parmi ceux-là, certains, comme ceux fondés sur le principe d'économie (d'une loi, ou de la documentation), ou sur une exigence de cohérence symbolique, etc., ne nous paraissent guère accessibles avant le cycle 4.

Nous réduirons donc, dans un premier temps, ce jeu de vingt-deux éléments à un jeu restreint de cinq éléments de scientificité que nous avons pu intégrer dans des séquences en démarche d'investigation à l'usage des classes maternelles, et dont nous avons effectivement pu observer la mise en œuvre à l'école par des enseignants. Ces cinq éléments de scientificité sont la *reproductibilité* (Rep), la *robustesse* (Ro), *primauté de l'expérience* (PEx), le *recul* (Rec) et *l'exploitation du spectre de généralité* (EG) ; soit deux contraintes directement liées aux procédures expérimentales, et trois de méthodologie générale.

3.1 Cinq éléments de méthode scientifique pour l'école maternelle

Par souci de concision des énoncés, nous exprimerons ici les éléments de méthode considérés sous la forme de critères de scientificité, c'est-à-dire de conditions nécessaires (mais pas nécessairement suffisantes) pour qu'une pratique particulière puisse être considérée comme scientifique. Ces énoncés ont été testés auprès d'un grand nombre d'enseignants de maternelle et de conseillers pédagogiques et validés par eux ou affinés en conséquence.

Les bonnes pratiques correspondantes s'en déduisent immédiatement : il s'agit concrètement de vérifier systématiquement que le critère est bien vérifié. La notion même de condition suffisante étant trop abstraite pour des élèves de maternelle, celle de critère (et ce terme lui-même) est *a priori* réservée à leurs enseignants.

3.1.1. Critère de reproductibilité

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

La notion de reproductibilité réunit implicitement celles de *répétabilité* (la même personne obtiendra le même résultat si elle refait la même expérience) et de *réplicabilité* (une personne différente obtiendra également le même résultat), qui peuvent être distinguées en cycle 3 & 4 (Blanquet & Picholle, 2017).

Dans tous les cas, le test de la reproductibilité d'une expérience suppose de la refaire au moins une fois, et de confronter le nouveau résultat à celui précédemment obtenu. Notons que, en particulier à l'école maternelle où les expériences sont principalement d'ordre qualitatif, la comparaison des observations porte sur *l'énoncé* du résultat plutôt que sur le résultat proprement dit, qui dans ces conditions ne se réduit pas aisément à une donnée quantitative objective.

Un corollaire en est que la formulation de ces énoncés est une étape essentielle de toute démarche expérimentale, et l'une des clefs de sa fiabilité. C'est l'un des points de couplage entre les objectifs d'exploration du monde et ceux d'apprentissage du langage.

Par ailleurs, au niveau de l'école primaire, ce critère de scientificité est à réserver aux expériences d'exploration de la matière plutôt que du vivant, le concept de reproductibilité ayant en biologie une portée essentiellement statistique du fait de la complexité des systèmes considérés — notion mathématique hors de propos à la maternelle, de même que des considérations théoriques sur la notion de précision d'une mesure, etc.

3.1.2. Critère de robustesse

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

Concrètement, il n'est jamais possible de reproduire une expérience dans des conditions *strictement* identiques à tous points de vue. Un élément majeur de scientificité d'une expérience, moins souvent évoqué mais peut-être plus important encore que sa reproductibilité (Wimsatt, 2007), est sa robustesse, c'est à dire le fait que des fluctuations imperceptibles et incontrôlables de son environnement ne la changent pas du tout au tout, de même, plus généralement, que des modifications mineures de paramètres non pertinents.

La notion de variation "mineure" des conditions est intimement liée à celle de modèle, et donc de paramètre pertinent ou non (Blanquet & Picholle, 2012a & 2015) : « pour dire que certaines façons de faire varier les faits sont importantes et que d'autres ne le sont pas, on se fonde à l'arrière-plan sur des suppositions de base que nous admettons (...) sur l'influence probable des facteurs à faire varier dans le phénomène » (Hempel, 1966).

La distinction entre résultat "dramatiquement différent" ou non est toutefois en général limpide pour les expériences qualitatives de la maternelle : tout changement qualitatif du résultat est alors significatif et la modification "dramatique" par construction.

3.1.3. Critère de primauté de l'expérience

Formulation : *Les conclusions ne contredisent aucun fait d'expérience.*

En d'autres termes, lorsqu'un fait dûment établi par l'expérience est en contradiction avec le discours, c'est l'expérience ou l'observation qui priment, jusqu'à preuve du contraire et justification de son invalidation. (Pour autant, un fait d'expérience n'a, par définition, aucune généralité : on a observé ce que l'on a observé, même si c'est en contradiction avec ses attentes ; mais cela ne présume pas de la reproductibilité ou de la robustesse de cette observation.)

Il est par ailleurs important de souligner qu'une contradiction entre le discours et l'expérience est un moment fructueux d'une démarche d'investigation ; elle met en évidence une difficulté ou une erreur de formulation. L'énoncé problématique doit donc être reformulé après une réflexion sur les sources de la difficulté. L'affirmation de la primauté de l'expérience rejoint ici celle de l'affirmation du caractère provisoire du discours scientifique (N. Lederman et. al., 1992 & 2002).

3.1.4. Critère de recul

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

Une part importante de l'activité scientifique consiste à naviguer entre le monde physique, accessible à l'observation et à l'expérience mais inexhaustiblement complexe, et ses représentations simplifiées. Quelle que soit sa nature (analytique, informatique, analogique, etc.), la caractéristique essentielle d'un modèle est en effet d'être plus simple et plus facile à manipuler et à étudier que ce qu'il représente (Blanquet & Picholle, 2011a, 2011b & 2015, Blanquet, 2014, Picholle, 2019). Le *recul* indispensable au scientifique est simplement sa capacité à distinguer à tout moment la carte et le territoire, c'est-à-dire le monde physique et ses représentations, et à rester conscient des limites du discours scientifique en tant que tel.

Si les subtilités ontologiques n'ont évidemment pas cours avec les tout-petits et si la question de la modélisation ne se pose évidemment pas de la même façon à l'école maternelle, cette dernière correspond au moment crucial de la formation de l'enfant où il découvre la notion de fiction, en particulier au travers des albums de jeunesse. « *Outils incontournables pour construire, comprendre et dire le monde* » (Reuter, 2007), ceux-ci sont très appréciés des très jeunes élèves et largement utilisés par les enseignants de maternelle pour l'apprentissage de la langue, mais aussi pour celui des sciences. Il est en effet possible de construire en classe des modèles analogiques pour s'interroger sur le caractère "possible ou pas possible" d'un épisode de l'album (Blanquet & Picholle, 2012b). Les histoires contrefactuelles, qui mettent à l'épreuve non seulement le recul du jeune lecteur, mais aussi la primauté qu'il accorde à l'expérience, apparaissent particulièrement fructueuses de ce point de vue (Blanquet & Picholle, 2011c & 2012b).

3.1.5. Critère de navigation entre général et particulier

Formulation : *Des marqueurs d'une navigation entre le général et le particulier sont identifiables.*

Pour le scientifique professionnel, l'intérêt d'un concept ou d'une théorie générale dérive de sa capacité à s'appliquer à de nombreux cas particuliers. Inversement, il sait l'utilité de rassembler toute une série de cas particuliers pour en inférer une généralité. *L'exploitation du spectre de généralité*, c'est à dire la navigation permanente entre le particulier et différents niveaux de généralité est donc un élément essentiel de la méthode scientifique.

Toutes proportions gardées, même à l'école maternelle, l'expression de généralités (certes limitées par la capacité d'abstraction des jeunes enfants) à partir d'observations particulières et leur vérification immédiate par application à *d'autres* configurations expérimentales reste également l'essence de la plupart des démarches d'investigation.

3.2 Nature de la science scolaire à l'école maternelle

Une caractéristique essentielle de l'approche *bottom-up* de la nature de la science est que le nombre de critères de scientificité pertinents y dépend à la fois des compétences des élèves et des objectifs pédagogiques de l'enseignant. Il peut ainsi augmenter d'un niveau de classe au suivant ou même, pour un niveau donné, avec la progression du groupe.

Si le jeu d'éléments de scientificité proposé ici pour l'école maternelle en comporte cinq, et jusqu'à vingt-deux pour un jeu plus complet envisageable au cycle 3, un enseignant donné en sélectionnera un sous-ensemble plus limité adapté à ses besoins, typiquement de deux ou trois éléments à l'école maternelle, et jusqu'à cinq, plus rarement six, à l'école élémentaire (Blanquet & Picholle, 2017).

Du point de vue épistémologique, le choix d'un sous-ensemble particulier de critères de scientificité équivaut à l'adoption d'une définition restreinte de la science, moins contraignante que les tentatives de définitions habituelles mais par construction mieux adaptée aux besoins de la classe. La formulation de ces critères a été conçue pour faciliter la dérivation de telles définitions restreintes et provisoires.

Si par exemple un enseignant souhaitait considérer uniquement la primauté de l'expérience comme tout premier pas vers une approche scientifique dans sa classe, il pourrait dériver très simplement une toute première définition de la science de celle de ce critère de scientificité :

Définition 1 (PEX) : *La science est une méthode pour résoudre des problèmes telle que les conclusions ne contredisent aucun fait d'expérience.*

Si, dans un second temps, il décidait de prendre en compte à la fois la primauté de l'expérience et la reproductibilité, cette définition deviendrait :

Définition 2 (PEx + Rep) : *La science est une méthode pour résoudre des problèmes en donnant la primauté à l'expérience en cas de conflit, et pour laquelle le résultat d'une expérience ne dépend pas de l'observateur et dont l'énoncé peut être testé par n'importe quel observateur présent.*

Alors que la prise en compte plutôt de la primauté de l'expérience et de la robustesse amènerait la :

Définition 3 (PEx + Ro) : *La science est une méthode pour résoudre des problèmes en donnant la primauté à l'expérience en cas de conflit et pour laquelle le résultat d'une expérience n'est pas dramatiquement modifié suite à une modification mineure de celle-ci.*

Ou encore, celle de ces trois éléments simultanément :

Définition 4 (PEx + Rep + Ro) : *La science est une méthode pour résoudre des problèmes en donnant la primauté à l'expérience en cas de conflit et pour laquelle le résultat d'une expérience, qui ne dépend pas de l'observateur et dont l'énoncé peut être testé par n'importe quel observateur présent, n'est pas dramatiquement modifié suite à une modification mineure de celle-ci.*

Et cetera, mutatis mutandis. Suivant la progression des compétences de ses élèves, un enseignant sera naturellement amené à se fixer de nouveaux objectifs pédagogiques, y compris le cas échéant l'introduction de nouveaux éléments de scientificité, induisant une nouvelle définition plus restrictive des pratiques qui pourront alors être considérées comme scientifiques *dans sa classe*.

L'approche *bottom-up* impose donc à l'élève une conception évolutive de la nature de la science, de plus en plus sophistiquée à mesure qu'il progresse dans son *curriculum* scientifique personnel. Elle n'est pas en contradiction avec des conceptions plus avancées de la nature de la science, revendiquée comme intrinsèquement provisoire et dynamique (Lederman *et al.*, 2002).

Rappelons par ailleurs que la construction de telles définitions vise avant tout à rassurer les enseignants qui pourraient se sentir irrémédiablement "non scientifiques" et se persuader qu'aucune activité qu'ils pourraient mener en classe ne saurait jamais être qualifiée de "scientifique" : il est alors aisé de leur démontrer le contraire et que, au prix de précautions minimales, des séquences qu'ils se savent capables de mener peuvent très légitimement revendiquer une scientificité incontestable, quoique dans une acception limitée, *dans le contexte de leur classe et compte tenu des objectifs pédagogiques qu'ils ont eux-mêmes fixés*. Une discussion explicite sur la nature de la science et *a fortiori* des définitions formelles de cette dernière ne semblent d'ailleurs guère avoir leur place à l'école maternelle.

4. Un cas d'école : la scientificité d'une séquence de fabrication de crêpes

Un corollaire direct de l'évolutivité des définitions *bottom-up* de la science scolaire à l'école maternelle est qu'une même activité pourra être considérée comme scientifique ou non selon le détail de la séquence pédagogique qui lui est consacrée et des éléments de méthode effectivement mis en œuvre, ou non, lors d'une démarche d'investigation particulière.

Nous considérerons ici, à titre d'exemple, la fabrication de crêpes, activité classique à l'école maternelle en France et très appréciée des jeunes élèves. Son statut est rarement précisé, mais elle est le plus souvent considérée comme une activité ludique, ou très lâchement raccordée à « L'exploration du monde » *via* des références du type « exploration du goût », etc. Peut-elle relever de la science, et à quelles conditions ? La réponse à cette question sera *a priori* immédiatement négative dans une approche *top down*, ne serait-ce qu'en écho à son statut pour des praticiens adultes, pour lesquels les crêpes relèvent de la cuisine, domestique ou gastronomique, non de l'activité de laboratoire, donc à la rigueur de l'art, mais pas de la science (Cette conclusion rapide mériterait certainement d'être amendée si l'on adoptait par exemple l'approche de la « cuisine moléculaire » pour se demander pourquoi une pâte à crêpe ne gonfle pas, comme le chimiste Hervé Thys (1993) — mais un tel questionnement relève d'une chimie de niveau lycée ou supérieur).

La réponse est plus subtile dans une approche *bottom up* par éléments de méthode scientifique. Ainsi, selon la façon dont la séquence est menée, la fabrication de crêpes pourra ou non satisfaire au test de la primauté de l'expérience, de la reproductibilité et de la robustesse, et donc aux différentes définitions provisoires de la science afférentes.

4.1. Trois séquences

Considérons ainsi trois dispositifs pédagogiques possibles pour la partie de cette séquence consacrée à la préparation de la pâte à crêpe :

Dispositif 1 ("Comme à la maison") :

Les enfants préparent la pâte par petits groupes, en suivant pas-à-pas les instructions de l'enseignant. Chaque groupe utilise des ingrédients et du matériel fournis par les parents, et donc différents d'un groupe à l'autre. Aucune question spécifique n'est posée concernant cet équipement, et aucune comparaison systématique des résultats n'est prévue.

Dispositif 2 ("En démarche d'investigation") :

Les enfants sont questionnés sur la façon dont on fabrique des crêpes. L'enseignant leur présente une recette de cuisine en leur demandant comment ils pourraient faire pour savoir si elle permet effectivement d'obtenir des crêpes. Ils préparent la pâte par petits groupes, en suivant pas-à-pas les instructions de l'enseignant. Chaque groupe utilise les mêmes ingrédients et le même matériel, fournis par l'enseignant. Avant chaque étape, on leur demande de définir leurs attentes puis, à son terme, de les comparer au résultat. L'enseignant s'assure que toute dissonance est résolue en reconsidérant chaque proposition problématique

en fonction de l'expérience. Les résultats des différents groupes sont systématiquement comparés entre eux. Toute divergence est discutée jusqu'à ce qu'on identifie au moins une différence expérimentale, et cette étape est répétée en éliminant cette différence.

Dispositif 3 ("En démarche d'investigation systématique") :

Comme le précédent. Par surcroît, chaque différence expérimentale identifiée est discutée, ainsi que toute idée supplémentaire qui pourrait être proposée par les élèves. Leur pertinence est testée expérimentalement en faisant varier le paramètre concerné, par exemple en ajoutant un œuf lors de la préparation de la pâte, ou en retranchant un, en remplaçant le fouet mécanique par un batteur électrique (Bisault et al., 2018), etc.

4.2. De la scientificité de la fabrication de pâte à crêpes

Il est aisé de constater que les trois dispositifs considérés n'incluent pas de la même manière les différents éléments de scientificité. Ainsi, en reprenant ceux analysés dans la section 3.2, on obtient (Tableau 4) :

Dispositif	Primauté de l'expérience	Test de reproductibilité	Test de la robustesse
Dispositif 1 "Comme à la maison"	Non explicitée	Non testée	Non testée
Dispositif 2 "En DI"	Explicitée	Testée	Non testée
Dispositif 3 "En DI systématique"	Explicitée	Testée	Testée

Tableau 4 : Éléments de méthode scientifique explicités dans chaque dispositif de fabrication de pâte à crêpes

De ce fait, ils ne satisfont pas non plus nécessairement aux mêmes définitions provisoires de la science scolaire, la séquence menée selon le dispositif 1 n'apparaissant scientifique selon aucune des définitions du 3.2, alors que les mêmes définitions reconnaissent toutes pour scientifique la séquence menée selon le dispositif 3 (Tableau 5) :

Dispositif	Définition 1 (PE)	Définition 2 (PE+ Re)	Définition 3 (PE+ Ro)	Définition 4 (PE+ Re + Ro)
Dispositif 1 "Comme à la maison"	Non scientifique	Non scientifique	Non scientifique	Non scientifique
Dispositif 2 "En DI"	Scientifique	Scientifique	Non scientifique	Non scientifique
Dispositif 3 "En DI systématique"	Scientifique	Scientifique	Scientifique	Scientifique

Tableau 5 : Éligibilités de différents dispositifs de fabrication de pâte à crêpes comme "pratiques scientifiques" au regard de quatre choix différents de jeux d'éléments de méthode scientifique

Soulignons ici que si la question de la scientificité d'une activité donnée, comme la fabrication de crêpes peut apparaître pertinente à certains enseignants — et tout

spécialement en ce qui concerne l'enjeu d'accepter comme "scientifiques", au sens de la science scolaire, des pratiques qu'ils maîtrisent déjà — ce n'est jamais le cas pour les élèves de maternelle eux-mêmes. Même lorsque l'enseignant choisit délibérément de les initier à certains éléments de méthodologie scientifique, il n'est en général pas nécessaire de les présenter comme tels, du moment qu'il prend soin de les nommer et rendre clair qu'il les estime importants lors de certains types d'activités. (Nous ne discuterons pas ici de l'intérêt d'introduire ou non le terme de « science » à l'école maternelle).

Notons par ailleurs que l'intégration de tels éléments dans un dispositif ne diminue en rien le plaisir des élèves, du moment qu'elle n'interfère pas avec son but ultime (à leurs yeux) — en l'occurrence, manger les crêpes ! Bien au contraire, les très jeunes enfants apprécient beaucoup, le plus souvent, non seulement de faire et de refaire plusieurs fois la même activité, mais aussi d'apprendre la « bonne » façon de la réaliser.

5. Réception des éléments de méthode scientifique par les enseignants

5.1. Hiérarchisation spontanée

Nous avons demandé à 25 enseignants de maternelle expérimentés, de la petite (PS) à la grande section (GS), d'évaluer l'accessibilité en cycle 1 de différents éléments de méthode scientifique, à savoir quatre des cinq envisagés dans cet article (primauté de l'expérience, reproductibilité, robustesse, navigation entre le réel et ses représentations), auxquels ont été ajoutés quatre éléments supplémentaires, *a priori* mieux adaptés à des élèves plus avancés (cycle 4, voire collège — Blanquet & Picholle, 2017) : la *non scolasticité* (i.e. le refus de l'argument d'autorité), l'exigence de *cohérence lexicale*, l'exigence d'*économie* (i.e. d'une formulation sans éléments inutiles) et d'*exhaustivité* d'une loi.

Ces huit éléments de méthode scientifique ont été introduits explicitement comme un nouvel outil, présenté comme expérimental, pour l'enseignement des sciences lors d'une formation de 6 heures. En fin de formation, il a été demandé aux participants de les classer du plus facile au plus difficile à mettre en œuvre dans leur classe. Tous ont accepté l'exercice, mais la plupart ont pris la liberté de ne pas intégrer certains éléments de méthode scientifique à leur classement, ce qui, *a contrario*, semble également significatif.

On constate qu'une nette majorité d'enseignants classent la *reproductibilité*, la *primauté de l'expérience* et la *robustesse* parmi les éléments les plus faciles à intégrer à leur pratique, alors qu'ils sont moins de 20% à les omettre (aucun pour la reproductibilité). Inversement, une majorité omet l'*économie* et l'*exhaustivité*, alors que ceux qui les classent les placent parmi les plus difficiles à intégrer. (Figure 1.)

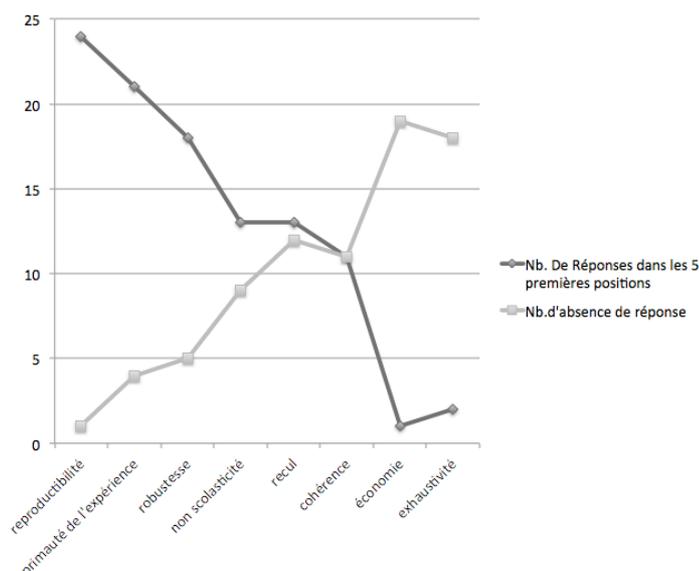


Figure 1. : Nombre d'enseignants classant dans leurs cinq premiers choix (losanges) ou ne les classant pas (carrés) les éléments de méthode scientifique indiqués en abscisse. Nombre total de réponses : 25

La *non-scolasticité*, la *cohérence* et la navigation entre le réel et ses représentations (long et impressionnant syntagme remplacé lors de la formation par le terme de « recul ») suscitent quant à elles une réaction moins homogène : environ la moitié des enseignants les intègrent parmi les cinq premiers de leur classement, alors qu'une proportion équivalente les omet entièrement.

Les justifications de ces classements par les enseignants suggèrent que des arguments de nature assez différente pourraient intervenir ici :

- Leur estimation de la capacité des très jeunes élèves à se les approprier. L'omission pure et simple, et très majoritaire, de l'économie et de l'exhaustivité suggère qu'elles sont perçues comme trop abstraites pour des élèves de maternelle.
- Leur moindre familiarité avec certains de ces concepts. Là où la primauté de l'expérience apparaît souvent limpide aux enseignants, le recul ou l'économie leur apparaissent moins intuitifs.
- Des contraintes de type pédagogique. Ainsi, à l'école maternelle, l'enseignant est la figure d'autorité par excellence. La promotion de la non-scolasticité implique une remise en cause de sa relation aux élèves qui peut être délicate à négocier, et à délimiter.
- L'élargissement des compétences d'ordre scientifiques par d'autres objectifs de formation. Ainsi, la maîtrise du discours et de sa cohérence est un objectif très général du cycle 1.

Ces éléments de méthode scientifique ont par ailleurs été présentés à un inspecteur de l'éducation nationale (I.E.N. chargé de la mission maternelle) et à sept conseillers pédagogiques (commission maternelle) lors d'un atelier organisé par l'inspection académique sur l'enseignement des sciences en maternelle. De même que pour les enseignants, ce sont les critères de primauté de l'expérience et de

reproductibilité qui ont été jugés les plus accessibles aux enfants par les conseillers pédagogiques.

5.2. Réception de la notion d'élément de scientificité

Il a par ailleurs été demandé à 88 enseignants de maternelle s'ils jugeaient les éléments de méthode scientifique utiles pour leur pratique, et en quoi. Aux 25 déjà cités s'ajoutaient 63 autres enseignants ayant quant à eux été sensibilisés au cinq éléments considérés dans cet article, mais non aux éléments supplémentaires présumés inaccessibles à ce niveau. La quasi-totalité des enseignants (87 sur 88) considère que ces éléments de méthode scientifique leur seront utiles pour leur pratique. 69 sur 88 expliquent en quoi ces éléments de méthode scientifique leur seront utiles dans leur pratique, les autres indiquant seulement qu'ils leur seront utiles. Ce taux de retour de 78 % apparaît exceptionnellement élevé.

5.2.1. Appropriation de l'outil

La quasi-totalité de ces enseignants (87 sur 88) considère que ces éléments de méthode scientifique leur seront utiles pour leur pratique. Plus de la moitié d'entre eux (45/88) ajoutent spontanément un commentaire libre pour faire part de la satisfaction ressentie et de la façon dont cette animation modifie leur perception de l'enseignement scientifique :

« — J'ai découvert la possibilité de faire des expériences scientifiques même avec les petites sections et cela m'a donné envie de faire des sciences avec mes PS/MS. Un grand merci pour toutes vos idées pratiques. »

« — Importance de la notion de "recul" que vous avez intégrée à vos critères. J'aurais aimé connaître les différentes traces écrites que l'on pourrait mettre en œuvre après une expérience avec des exemples. »

« — J'ai beaucoup aimé l'intervention, la reproductibilité et la robustesse m'ont ouvert sur des critères que je ne pratiquais pas. »

Si une étude complémentaire serait nécessaire pour confirmer qu'une part significative de ces enseignants a effectivement réinvesti l'outil dans ses pratiques de classe, leur détermination à la faire au sortir de la formation semble indéniable.

5.2.2. Utilités pratiques envisagées

Les applications évoquées concernent la préparation, la mise en œuvre et l'évaluation de leurs séquences. Ils sont également nombreux à y voir un cadre de référence utile pour leur pratique. Enfin, certains les considèrent comme un outil pour réfléchir sur leur pratique passée et future.

Plus précisément, les utilisations envisagées par les enseignants de maternelle interrogés pour le concept d'élément de méthode scientifique apparaissent variées et *a priori* tout à fait pertinentes. Elles peuvent être réparties selon cinq catégories principales (Figure 2).

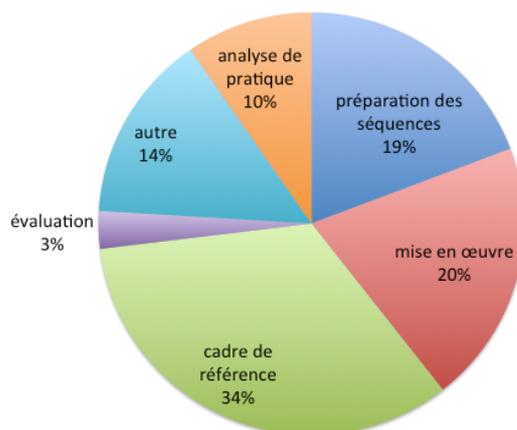


Figure 2 : Poids relatif des différentes utilisations envisagées par les enseignants de maternelle (100% = 104 éléments de réponse ; une réponse peut impliquer plusieurs éléments).

Nous reproduisons ici, pour chacune, quelques exemples de formulations :

Préparation des séquences (20 enseignants sur 69)

Les éléments de méthode scientifique enrichissent la gamme des questions que se posent l'enseignant dans sa préparation et lui évitent d'aller trop vite au résultat voulu avec les élèves. Les enseignants se proposent souvent de les utiliser comme "pense-bête" ou comme "cadre de référence".

Exemples de formulations :

- « — Pour me poser davantage de questions avant de réaliser mes séances. »
- « — Pour préparer mes séquences et éviter de griller des étapes (généralisation, extrapolations abusives... »
- « — Très utiles pour la pratique par le biais d'une démarche à suivre et des bonnes questions à se poser avant de mettre en place certaines expériences (est-ce que j'ai tout envisagé, que puis-je encore proposer ?). »

Régulation de la mise en œuvre (21 enseignants sur 69)

Les enseignants considèrent que cet outil les aide à gérer et structurer ce qui se fait en classe voire, pour certains, à aller plus loin dans leur mise en œuvre.

- « — Pour une rigueur scientifique, pour définir ou valider des expériences. »
- « — Pour réfléchir et mettre en place une réelle démarche scientifique. »
- « — Pour déjà mieux cadrer ce que je pourrai mener comme expérience et comment car je n'en avais qu'une idée assez floue. Je ne pensais pas par exemple à la reproductibilité ou à la robustesse. »
- « — Très utile dans ma pratique car souvent je pense plus aux résultats qu'à la façon d'expérimenter. Plus, certaines questions restent fermées de mon fait. »

Évaluation de la séquence mise en œuvre (3 enseignants sur 69)

Les éléments de méthode scientifique sont utilisés pour évaluer une séquence réalisée et la modifier au besoin.

« — Car cela donne un cadre référent avant/pendant/après le travail. Cela évitera ma tendance à naviguer au feeling qui n'est pas toujours productrice de rationalité. »

« — Déjà prendre du recul sur mes démarches antérieures, pour reconstruire mes séances surtout par rapport à la robustesse. »

« — Pour évaluer ma "conduite" de l'expérience et sa rigueur scientifique. »

Cadre de référence (35 enseignants sur 69)

Plus de la moitié des enseignants font référence aux éléments de méthode scientifique comme un outil pour cadrer leur pratique. Ils les voient comme des points de repère ou un fil conducteur.

« — Avoir des repères et m'assurer que je suis bien dans une démarche scientifique. »

« — Ossature de la démarche à suivre. »

« — Permettent d'avoir un référentiel pour avoir une attitude scientifique. »

Analyse de pratique (10 enseignants sur 69)

Plusieurs enseignants voient dans les éléments de méthode scientifique un outil pour réfléchir sur leur pratique et prendre du recul.

« — Ils permettent de prendre du recul en tant qu'enseignant sur notre pratique d'avant la concertation. Peut-être qu'auparavant les savoirs à l'issue de mes séances n'étaient pas bien acquis, de plus les élèves acquièrent une méthodologie. »

« — Pour rendre plus claire ma pratique. »

5.3. Réception par les enseignants de petite section

39 des 88 enseignants interrogés ont des élèves en petite section (classes de PS ou mixtes : PS/MS ou PS/GS). Parmi ceux-là, 25 ont expliqué en quoi les éléments de méthode scientifique seraient utiles à leur pratique (Figure 3).

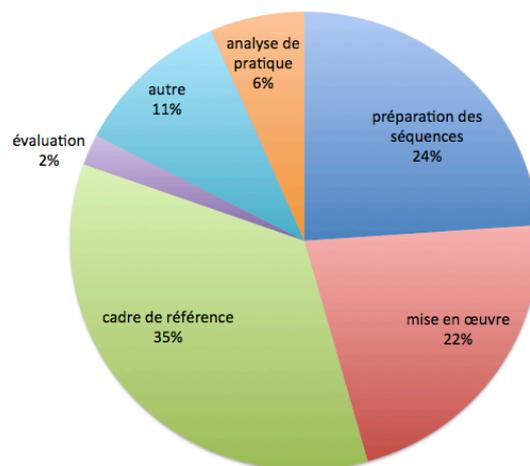


Figure 3. : Distribution des applications envisagées par les enseignants de petite section (100% = 46 éléments de réponse).

L'âge des élèves ne semble pas affecter significativement les intentions d'utilisation de la notion d'éléments de méthode scientifique par les enseignants d'école maternelle.

6. Synthèse et conclusion

Le point de départ de ce travail était le triste constat que les enseignants du primaire ne disposent pas d'une vision opératoire de la nature de la science, et ce de façon assez générale, dans tous les pays et à tous les niveaux où des études avaient pu le documenter.

Une analyse portant sur 105 enseignants de maternelle français en poste a permis de préciser qu'en l'absence de formation spécifique, la vision de la science très majoritairement avancée par cette population semble faire directement écho à certains éléments de la démarche d'investigation telle qu'elle est définie dans les attendus du socle commun, avec des références quasi-systématiques à l'expérimentation d'une part, à l'expression et à la vérification d'hypothèses d'autre part. Confrontés à des paradoxes apparents soulignant l'insuffisance de telles références pour établir une démarcation opératoire entre investigations scientifiques et non scientifiques, ces enseignants font majoritairement preuve à la fois d'une réelle cohérence intellectuelle, d'une capacité à reconnaître spontanément les limites de leur vision spontanée de la nature de la science, et d'une grande disponibilité, voire d'une réelle demande, de formation complémentaire qui leur permettrait de se doter d'une vision plus opératoire.

Le second volet de notre étude a permis de montrer que la présentation, dans une approche *bottom-up* de la nature de la science, de quelques éléments de scientificité compatibles avec les pratiques observées à l'école maternelle était susceptible de répondre en grande partie à cette attente, et que la quasi-totalité des enseignants de maternelle en ayant bénéficié lors d'animations pédagogiques (87 sur 88) les considéraient comme un outil épistémologique utile à leur pratique professionnelle, et surtout se déclaraient résolus à les mettre en œuvre dans leurs classes. Des études complémentaires seront néanmoins nécessaires pour confirmer si c'est effectivement le cas, et si ce changement de point de vue des maîtres sur la science affecte significativement leur enseignement et le bénéfice que leurs élèves en retirent.

Plus spécifiquement, les enseignants de maternelle ayant participé à l'étude plébiscitent trois éléments de scientificité jugés particulièrement faciles à intégrer à leurs pratiques : la *reproductibilité*, la *robustesse* et la *primauté de l'expérience*.

Une étude complémentaire plus approfondie menée auprès d'enseignants de maternelle de cinq écoles ayant bénéficié d'une formation spécifique de 24 heures est en cours. Les premiers résultats montrent néanmoins qu'outre ces trois premiers éléments de scientificité relativement concrets, deux autres, d'apparence plus sophistiqués : le *recul* (i.e. la distinction entre le monde physique et ses

représentations) et *l'exploitation du spectre de généralité* pouvaient également trouver leur place dans l'arsenal didactique et épistémologique des enseignants de maternelle. L'enregistrement vidéo et la transcription systématique des séquences menées par ces enseignants a produit une quantité considérable de données dont le traitement fera l'objet d'une autre publication.

Il apparaît donc utile de s'interroger sur l'opportunité d'introduire explicitement une composante portant sur la nature de la science dans les programmes de l'école maternelle, comme guide et incitation des enseignants à mieux s'investir dans le domaine de « l'exploration du monde » autant que pour favoriser une mise en contact précoce des élèves avec certains éléments de méthode scientifique accessibles dès ce niveau.

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les enseignants des académies de Nice et de Bordeaux qui ont accepté de répondre à nos questions.

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*, vol. 17 n°1, p. 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*, vol. 32 n°1, p. 97-124.
- AKERSON V. L., WEILAND I., PONGSANON K. & NARGUND, V. (2010). Evidence-based Strategies for Teaching Nature of Science to Young Children. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, vol. 11 n°4, p. 61-78.
- APPLETON K. (2007). Elementary science teaching. In S.K. Abell & N.G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*, États-Unis : Lawrence Erlbaum Associates Inc., p. 496-497.
- BACHELARD G. (1940). *La Philosophie du non*. Paris : Presses. Un. France
- BISAULT J., CHAUVET-CHANOINE C., LE BOURGEOIS R., MOUREAUX F., REBIFFÉ C. (2018). *Explorer le monde des objets, PS, MS, GS*, Paris : Ed. Retz.
- BISAULT J. (2011). *Contribution à l'élaboration curriculaire d'une éducation scientifique à l'école primaire modélisation des moments scolaires à visée scientifique*. Éducation. HDR, Education. École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2011. tel-00693900 École normale supérieure de Cachan, 2011, tel-00693900. En ligne : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00693900/document> (consulté le 15 septembre 2019)
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (soumis). Mise en œuvre d'éléments de méthode scientifique en petite et grande sections de l'école maternelle et réception par les élèves.
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2020). Profil épistémologique de 777 enseignants français du primaire au regard de la science. In I. Kermen, *Actualités et perspectives des recherches en didactique des sciences et des technologies*, Arras : Presses Un. d'Artois, p. 44-56.
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2017). L'Explicitation d'éléments de scientificité : un outil épistémologique *bottom-up* pour la démarche d'investigation à l'école primaire. In M. Bächtold, V. Durand-Guerrier & V. Munier, *Épistémologie et didactique*, Besançon : Presses Un. Franche-Comté, p. 221-234.
- BLANQUET E. & PICHOLLE, É. (2015). Premiers contacts avec la modélisation scientifique à l'école. In B. Amory & T. Évrard, *Les Modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* Louvain : de Boeck, coll. Outils pour enseigner, p. 45-55.
- 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 de l'Université de Nice. En ligne : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:42783> (consulté le 15 septembre 2019)

- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2012a). Faire et refaire : varier les paramètres d'une expérience pour formuler une loi plus robuste. In B. Amory & T. Évrard, *Réveille-moi les sciences ! Apprendre les sciences de 2 1/2 à 14 ans*, Louvain : de Boeck, coll. Outils pour enseigner, p. 45-55.
- BLANQUET, E. (2012b). Vrai, pas vrai *vs.* possible, pas possible : Importance d'une formulation productive pour une investigation à partir d'albums jeunesse. In B. Amory & T. Évrard, *Réveille-moi les sciences ! Apprendre les sciences de 2 1/2 à 14 ans*, Louvain : de Boeck, , coll. Outils pour enseigner, p. 71-77.
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2011a). Faire des sciences avec les tout-petits : le rôle de la fiction. In E. Blanquet & É. Picholle, *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium, p. 181-188.
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2011b). Un cas d'école (maternelle) : *Plouf!* de Philippe Corentin. In E. Blanquet & É. Picholle, *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium, p. 189-197.
- BLANQUET E. & PICHOLLE É. (2011c). Déjantages, ellipses et incohérences formatives. In E. Blanquet & É. Picholle, *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium, p. 39-51.
- BLANQUET E. (2010). *Sciences à l'école, Côté jardin. Le guide de l'enseignant*. Nice : Somnium.
- COQUIDÉ M. (2007). Quels contenus de formation pour enseigner à l'école maternelle ? L'exemple de la formation à l'activité « faire découvrir la nature et les objets », *Recherche et formation*, n°55, p. 75-92.
- COUTURE C., DIONNE L., SAVOIE-ZAJC L. & AUROUSSEAU E. (2015). Développer des pratiques d'enseignement des sciences et des technologies : selon quels critères et dans quelle perspective ? , *RDST*, n°11, p. 109-132.
- DUSCHL R. A. & GRANDY R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, vol. 22 n°9, p. 2109–2139.
- ERDURAN S. & DAGHER Z. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education*. Dordrecht : Springer.
- FEYERABEND P. (1988). *Contre la méthode (Against Method, 1975)*. Paris : Seuil, coll. Points Sciences.
- FRANCE : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE, IGAENR (2017). *Analyse économique de l'activité de formation des enseignants, comme outil de pilotage budgétaire des ESPE. Séminaire, Bordeaux, 13 novembre 2017*.
- FRANCE : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE (2015). *Le Socle commun de compétences, de connaissances et de culture*. J.O. du 12-04-2015. En ligne : https://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=87834 (consulté le 17 septembre 2019)
- FRANCE : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE, B.O. (2015). *Programme de l'école maternelle. Bulletin officiel spécial du 2 mars 2015*.

- FRANCE : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE, IGEN/IGAENR (2011). *L'école maternelle. Rapport n°2001-108, octobre 2011.*
- GARBETT D. (2003). Science education in early childhood teacher education: Putting forward a case to enhance student teachers' confidence and competence. *Research in Science Education*, vol. 33, p. 467–481.
- HARLEN W. (2009). Changing teaching through professional development. In W. Harlen and J. E. Allen *Teacher Professional Development in Pre-Secondary School Inquiry-Based Science Education (IBSE)*. En ligne : <http://www.interacademies.net> (consulté le 15 septembre 2019)
- HEMPEL C. (2006). *Éléments d'épistémologie (Philosophy of Natural Science, 1966)*. Paris : Armand Colin.
- KALLERY M. & PSILLOS D. (2001). Pre-school teachers' content knowledge in science: Their understandings of elementary science concepts and of issues raised by children's questions. *International Journal of Early Years Education*, vol. 9 n°3, p. 165–177.
- de LAVERGNE C. (2007). La Posture du praticien-chercheur : une analyse de l'évolution de la recherche qualitative. *Recherches qualitatives*, Hors série n°3, p. 28-43.
- LEDERMAN J. (2019). Nature of early years science. Keynote Conf., ESERA SIG 1 Workshop : *Current Trends in Early Years Science Education Research*, Bordeaux, France, 8-10 avril 2019.
- LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., & SMITH, M.U. (2019). Teaching nature of scientific knowledge to kindergarten through university students. *Science & Education*, n° 28, p. 197-203.
- LEDERMAN, N. G. (2007) Nature of Science : Past, Present and Future. In S.K. Abell & N.G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*. États-Unis : Lawrence Erlbaum Associates Inc., p. 831-880.
- LEDERMAN N.G., ABD-EL-KHALICK F., BELL R. L. & SCHWARTZ R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire : Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, n°6, p. 497-521.
- LEDERMAN N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science : a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, n°4, p. 331-359.
- LEDRAPIER, C. (2010). Découvrir le monde des sciences à l'école maternelle : quels rapports avec les sciences ?, *RDST*, n°2, p. 79-102.
- LEHMANS, A. (2017). Le Projet E-Fran Perseverons : Numerique et Perséverance. Le Printemps de la recherche en éducation 2017, Mar 2017, Paris, France. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01710552> (consulté le 15 septembre 2019)
- MATTHEWS M. R. (2012). Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S.Khine, *Advances in nature of science research: concepts and methodologies*, Dordrecht : Springer, p. 3–26.

- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. Washington, DC : The National Academies Press.
- PÉLISSIER L. (2011). Étude de pratiques d'enseignement de savoirs de l'épistémologie en classe de physique de lycée général. Thèse de doctorat, Un. Toulouse 2 Le Mirail.
- PICHOLLE É. (2019). La Carte n'est pas le territoire. In U. Bellagamba, E. Blanquet, É. Picholle & D. Tron *Récits et modélisation*, Nice : Somnium, coll. Sciences & Fictions à Peyresq.
- POPPER K. (2012). *La Quête inachevée* (Unended Quest, 1976). Paris : Calmann-Lévy.
- REUTER Y. (2007). Récits et disciplines scolaires. *Pratiques*, n° 133-134.
- ROCARD M. (2007), *L'Enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles : Commission européenne. En ligne https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf (consulté le 15 septembre 2019).
- ROLETTO E. (1998). La Science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants. *Aster*, vol. 26, p. 11-30.
- SACKES M., TRUNDLE K. C., BELL R. L. & O'CONNELL A. A. (2011), The influence of early science experience in kindergarten on children's immediate and later science achievement: Evidence from the early childhood longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 48, p. 217-235.
- SALENÇON J. (2010), Allocution d'introduction du colloque *Cultiver la science. La formation continue des professeurs enseignant les sciences*, avril 2010, Paris (France).
- SCHIZAS D., PSILLOS D. & STAMOU S. (2016). Nature of science or nature of the sciences ? *Science Education*, vol. 100 n°4, p. 706-733
- THYS H. (1993). *Les Secrets de la casserole*. Paris : Belin.
- WIMSATT W.C. (2007). *Re-Engineering Philosophy for Limited Beings*. Cambridge : Harvard Univ. Press
- XIAO S. & SANDOVAL W. A. (2017). Associations Between Attitudes Towards Science and Children's Evaluation of Information About Socioscientific Issues. *Science & Education*, vol.26, n°3-4, p.247-269.