



**Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation
Académie de Limoges**

**Master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la
formation**

Pratique et ingénierie de la formation

Formation, Accompagnement, Conseil aux Enseignants

2019/2020

La formation initiale des professeurs des écoles face à leur rapport personnel aux sciences

Nicolas Maury

Stage effectué du 02/09/19 au 04/07/20

INSPE de l'académie de Limoges, site de Tulle

Stage encadré par

Jérôme Fatet

Maître de conférences en histoire et épistémologie des sciences

INSPE de l'académie de Limoges, Université de Limoges



Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Jérôme Fatet pour son aide précieuse tout au long de cette année de travail, il m'a permis d'approfondir ma réflexion et de structurer ma pensée avec rigueur, et avec toujours beaucoup de bienveillance.

Je remercie aussi les formateurs du master de Pratiques et Ingénierie de la Formation de l'INSPE de l'académie de Limoges, qui nous ont ouvert l'esprit à de nouveaux champs de connaissances, ainsi que mes collègues de promotion avec qui ce fût un plaisir de travailler en équipe.

Je remercie enfin et tout particulièrement mon épouse Corinne, pour son soutien indéfectible dans toutes les étapes plus ou moins faciles de ce cheminement.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

Introduction	6
1. L'enseignement des sciences à l'école primaire	7
2. Problématique : Le rapport personnel aux sciences des enseignants du primaire	12
3. Décalage entre les attendus et les pratiques d'enseignement des sciences	14
3.1. Au niveau international : Résultats PISA-TIMSS 2015	14
3.2. Au niveau national : Le cursus initial des enseignants français	19
3.3. Au niveau local.....	20
3.3.1. Un bagage universitaire plutôt non-scientifique	21
3.3.2. Une pratique des sciences plus difficile et inférieure aux horaires recommandés	22
3.3.3. Des modalités didactiques intégrant l'investigation, mais avec plus de contraintes	22
3.3.4. Une formation initiale globalement jugée insuffisante	23
3.3.5. La formation initiale des professeurs des écoles dans l'académie de Limoges	23
4. Comment concevoir une formation à l'enseignement des sciences	26
4.1. Vers une meilleure transposition didactique	26
4.1.1. Notion de transposition didactique.....	26
4.1.2. Quel niveau de maîtrise pour enseigner les sciences ?	27
4.1.3. Propositions.....	28
4.1.3.1. Connaître les processus d'apprentissage des enfants en sciences pour construire une didactique efficace.....	28
4.1.3.2. Une tâche à effectuer, un problème à résoudre.	31
4.1.3.3. Favoriser le travail en équipe.	32
4.1.3.4. Favoriser la communication	32
4.2. Un rapport personnel aux sciences propice à son enseignement.....	33
4.2.1. Le rapport au savoir scientifique	33
4.2.2. Propositions.....	35
4.2.2.1. Les mises en situation.....	35
4.2.2.2. Les analyses de pratique	36
4.3. Observations et perspectives	37
4.3.1. Méthodologie de mise en place de l'expérimentation.....	37
4.3.2. Objectifs de l'expérimentation.....	38
4.3.3. Méthodologie de recueil des données au cours de l'expérimentation	38
4.3.4. Méthodologie d'analyse des données recueillies	39
4.3.5. Résultats de l'analyse.....	40
4.3.5.1. Amélioration de la transposition didactique	40
4.3.5.2. Amélioration du rapport personnel aux sciences	43
4.3.5.2.1. Des cours théoriques ?.....	43
4.3.5.2.2. Etude d'une mise en situation.....	44
4.3.5.2.3. Etude d'analyses de pratique.....	46
4.3.5.2.4. Etude sur le suivi de stages	49
Conclusion	52
Références bibliographiques	54
Annexes	56

Table des illustrations

Figure 1 Répartition des performances des pays européens en sciences, TIMSS2015.....	15
Figure 2 Scores comparés en sciences physiques	16
Figure 3	16
Figure 4.....	18
Figure 5.....	19
Figure 6 Série du baccalauréat des professeurs des écoles titularisés en 2016 en Corrèze.	20
Figure 7 Domaine d'études supérieures des stagiaires	21
Figure 8 Niveau de satisfaction de la formation initiale des stagiaires	23
Figure 9 Répartition des horaires de formation en M1	24
Figure 10 Etapes d'une démarche d'investigation.....	40
Figure 11 Schémas d'hypothèses sur les observations d'Eratosthène.....	44
Figure 12 Rayons solaires en perspective	45
Figure 13 Carte et ombres des gnomons éclairés par le soleil.....	46
Figure 14 Classement international en pourcentage de bonnes réponses.....	57
Figure 15 Question illustrée, TIMSS2015	57
Figure 16 L'observation d'Eratosthène	61
Figure 17 Hypothèse d'Anaxagore (Terre plate) & Hypothèse d'Eratosthène (Terre ronde)..	61

Introduction

« J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas. »

(Bachelard, 1938)

En tant que professeur de sciences physiques chargé de la formation initiale de professeurs des écoles primaires, j'ai dû faire face à cette particularité de m'adresser à des personnes qui, contrairement à leurs collègues du secondaire, ne sont pas spécialistes de toutes les disciplines qu'ils doivent enseigner. Or nous montrerons que les sciences physiques, plus que toutes les autres, posent des difficultés à ces enseignants. Ces particularités doivent donc interroger le formateur sur l'origine de ces difficultés, les identifier et les analyser, pour concevoir une formation qui permettra de les surmonter.

En effet nous verrons que les enjeux de l'enseignement des sciences dès les premiers cycles de l'école sont fondamentaux pour l'élève en tant que futur citoyen, mais aussi pour la société qui construit à travers eux son avenir.

Nous tenterons donc de faire émerger certaines causes à ces difficultés, pour déterminer comment la formation peut, notamment en travaillant sur la notion de rapport personnel à la science de l'enseignant débutant, permettre une remise en confiance de celui-ci et l'amener à produire un enseignement plus efficient.

Nous essayerons donc d'interroger les pistes d'ingénierie et de didactique, mises en œuvre sur le site de l'INSPE de Tulle où j'ai pu animer des formations en années de master 1 et 2, et d'en dégager d'autres pouvant aider le futur enseignant dans sa pratique.

1. L'enseignement des sciences à l'école primaire

« Les savoirs scientifiques se multiplient, et la question de leur appropriation n'est pas qu'une question scolaire, mais un problème de société »

(Develay, 1994).

La France se veut très performante dans de grands domaines technologiques et scientifiques, comme l'aérospatiale, l'ingénierie, ou la recherche en sciences fondamentales. Elle est effectivement toujours à la pointe dans plusieurs de ces disciplines (2^{ème} nation au monde en nombre de médailles Fields avec 12 récompenses pour 13 aux États-Unis, 4^{ème} en nombre de prix Nobel, etc...). Les enjeux étant énormes en termes de développement, d'énergies, d'environnement ou de santé, on pourrait en déduire qu'ils impliquent nécessairement, pour les jeunes générations, un enseignement des sciences exemplaire.

En France l'enseignement primaire et secondaire est organisé en cycles de trois années :

- au cycle 1 l'enseignement des sciences apparaît dans la partie des programmes intitulée « *Explorer le monde du vivant, des objets et de la matière* », dont l'objectif est d'amener 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 [...] comprendre ce qui distingue le vivant du non-vivant ; manipuler, fabriquer pour se familiariser avec les objets et la matière. » (MEN, 2015),
- en cycle 2 on retrouve les sciences dans la partie « *Questionner le monde* » mêlant encore les sciences avec les notions d'espace et de temps
- en cycle 3 apparaissent les « *Sciences et technologie* »
- enfin en cycle 4 l'enseignement scientifique se divise en différentes disciplines : *Sciences physiques, Sciences de la Vie et de la Terre, et Technologie*.¹

Jusqu'en CM2, c'est-à-dire pendant huit années, cet enseignement sera assuré par des professeurs des écoles.

Depuis 2011 en France ceux-ci sont recrutés au niveau master : un professeur des écoles débutant a donc un cursus universitaire de niveau licence – quelque-soit le domaine – puis doit valider un master 2 MEEF (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation, et de la Formation) mention 1^{er} degré, dispensé dans les *Instituts nationaux supérieurs du professorat et de l'éducation* (INSPE). Les étudiants et stagiaires des INSPE doivent donc, dans toutes les

¹ Programmes du cycle 1 : BO spécial n°2 du 26 mars 2015. Programmes des cycles 2 et 3 : BO spécial n°11 du 26 décembre 2015.

disciplines de l'école, se former et acquérir un niveau cohérent avec leur futur métier d'enseignant en école primaire.

L'enseignement des sciences physiques pose un certain nombre de difficultés, que la formation des enseignants doit prendre en compte. En 1938, l'épistémologue Gaston Bachelard, lui-même ayant été professeur de sciences, en cerne quelques-unes essentielles, dont la notion d'**expérience première** : « Face au réel, ce qu'on croit savoir clairement offusque ce qu'on devrait savoir. Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés. Accéder à la science, c'est, spirituellement, rajeunir, c'est accepter une mutation brusque qui doit contredire un passé. » (Bachelard, 1938). L'expérience première est un obstacle à l'apprentissage des sciences dans le sens qu'elle constitue une représentation initiale de phénomènes naturels souvent complexes, mais pour lesquels l'esprit se forme une solution pratique lui permettant de ne plus s'interroger. On parle aujourd'hui de « **conceptions** », qui sont généralement irrationnelles, parfois inconscientes, mais qui vont constituer un obstacle dans l'apprentissage.

On se retrouve là avec un double constat concernant le jeune enseignant en école primaire : d'une part il va devoir enseigner une discipline dans toute sa complexité épistémologique, d'autre part il doit composer avec son propre passé d'élève, qui n'a pas forcément lui-même gardé un souvenir positif de cette discipline comme nous le montrerons en étudiant la notion de rapport au savoir. Toujours selon Bachelard, l'expérience première est le premier **obstacle** : « Dans l'éducation, la notion d'obstacle pédagogique est également méconnue. J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas. Peu nombreux sont ceux qui ont creusé la psychologie de l'erreur, de l'ignorance et de l'irréflexion. [...] Les professeurs de sciences imaginent que l'esprit commence comme une leçon, qu'on peut toujours refaire une culture nonchalante en redoublant une classe, qu'on peut faire comprendre une démonstration en la répétant point pour point. Ils n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive dans la classe de Physique avec des connaissances empiriques déjà constituées : il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne. »

Plusieurs didacticiens des sciences ont ensuite explicité ces notions de représentations initiales et d'obstacles à l'apprentissage, ainsi Jean-Pierre Astolfi nous indique qu'on « insiste de plus en plus sur le fait qu'à tous les niveaux d'enseignement, les apprentissages ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance, mais sont en concurrence avec ce que les élèves savent ou croient déjà savoir, ce qui complique singulièrement la tâche de l'enseignant. Pour des disciplines scientifiques, de nombreuses études et situations de formation décrivent les **représentations** (ou conceptions) des élèves comme des alternatives aux notions et aux

objectifs des programmes qui s'avèrent très résistantes. Non seulement celles-ci précèdent l'enseignement, ce qui s'accepte assez bien, mais elles l'accompagnent sans céder facilement... et souvent, hélas, lui survivent dans la tête des élèves, au terme de la scolarité, université comprise » (Astolfi, Peterfalvi, & Vérin, 1998). Giordan et De Vecchi parlent de « conceptions enfantines », dont il faut absolument tenir compte si on ne veut pas qu'elles « persistent à l'état latent », à défaut « elles ne manquent pas de réapparaître, de se manifester à la première occasion. Le maître ne fait que fournir une connaissance "plaquée", qui sera très vite oubliée ». (De Vecchi & Giordan, 2002)

La didactique des sciences s'appuie aussi sur d'autres apports fondamentaux, comme le tâtonnement expérimental d'Augustin Freinet, ou récemment, et de plus en plus, sur les sciences cognitives. En psychanalyse, des approches socio-cliniques permettent aussi d'aboutir à des résultats similaires : « l'enfant fantasme et se fait son savoir à lui et il a son langage à lui que seulement les parents comprennent d'ailleurs. Le passage au collectif, c'est le passage au langage commun, il faut qu'il se fasse comprendre par des personnes qui ne sont pas ses proches. En même temps, c'est le passage à l'apprentissage du savoir commun et il faut pour cela qu'il renonce aux **représentations** qu'il s'est fabriquées pour lui-même » (Mosconi, 2010).

Par ailleurs, on peut citer aussi la prise en compte des périodes sensibles de l'enfant développées par Maria Montessori qui conduisent aussi à concevoir un enseignement des sciences fondé sur les **questionnements propres** de l'enfant : si tel n'est pas le cas « l'enseignement détourne des sciences et des techniques la plupart des jeunes. En ne répondant pas à leurs questions, en traitant les sujets de manière abstraite, il provoque surtout de l'ennui, du désintérêt. La preuve en est : plus les élèves avancent dans leur scolarité et moins ils se posent de questions. » (Giordan, 1999). Autrement dit par cette formule attribuée au physicien américain Carl Sagan : « Chaque enfant commence par être un scientifique-né. Puis nous leur enlevons cela. Peu traversent le système avec leur émerveillement et leur enthousiasme pour les sciences intacts. »

Progressivement, différentes démarches sont donc apparues dans les pratiques d'enseignement en tentant de prendre en compte à la fois le questionnement et l'expérimentation. Citons par exemple celle dite « *OHERIC* », acronyme des six étapes *Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion*. Cependant cette démarche ne répondait pas forcément aux interrogations des élèves mais créait plutôt des situations artificielles et déconnectées, Giordan (1999) en dit : « rien n'est plus faux que de concevoir la démarche expérimentale ainsi. Un tel processus est un modèle idéalisé ; en d'autres termes, il est trop beau pour être vrai ! Jamais, on n'a pu expérimenter de la sorte dans aucun laboratoire. » Il propose alors une démarche basée sur trois paramètres

interagissant entre eux en permanence : **une question, une hypothèse, une argumentation**. C'est avec ce dernier paramètre qu'interviennent des expériences. Mais tout doit partir d'une question, d'une situation qui pose un vrai problème, et que l'on va appeler « **la situation-problème** ». La situation-problème est une phase initiale permettant de susciter la curiosité de l'élève : l'enseignant le place devant une situation qui l'interroge, créant ainsi une appropriation du problème nécessaire à sa réflexion. L'élève va plus facilement émettre des hypothèses et ainsi faire émerger ses propres conceptions : l'enseignant a, de cette façon, créé l'adhésion de sa classe à l'activité proposée et fait une première évaluation diagnostique des conceptions de ses élèves.

En 1994 le ministère de l'Education Nationale prend conscience de la situation : « à peine 3% des classes d'école primaire suivent un enseignement des sciences » (Jasmin, 2019) ! Il envoie à Chicago un groupe d'universitaires, dont le prix Nobel de physique Georges Charpak, pour étudier une expérimentation menée par le physicien Leon Lederman : le projet **Hands On**. Il concernait à l'époque 50 000 élèves des écoles publiques, on y pratiquait un enseignement des sciences basé sur la recherche, l'accompagnement par le maître plutôt que des cours, et un cahier sur lequel les élèves décrivent, par l'écriture et le dessin, les expériences qu'ils entreprennent. Charpak se dit « frappé par la soif d'apprendre des élèves, leur émerveillement et leur participation passionnée, très inhabituels en ces lieux. On y trouve un enseignement d'une extrême qualité »². Aux Etats-Unis le projet a continué au travers du programme **Inquiry**, que l'on peut traduire par « **investigation** ». En France, **Hands On** donnera naissance à *La Main à la Pâte*, fondation parrainée par l'Académie des sciences, dont l'objectif est de développer un enseignement des sciences fondée sur l'investigation. Les programmes de l'école primaire de 2012 intègrent cette notion d'investigation dans le préambule de la partie « Découvrir le monde » (CP et CE1) : « Les élèves dépassent leurs représentations initiales par l'observation et la manipulation. Ils mènent des investigations qui les amènent à décrire leurs observations et à maîtriser un vocabulaire de plus en plus précis. »³ Ainsi que dans la partie *Sciences expérimentales et technologie* du cycle 3 (CE2, CM1 et CM2) : « C'est en menant les différentes **investigations** que l'élève pourra mobiliser et s'approprier le vocabulaire nécessaire qui sera systématiquement repris dans le cahier de sciences ». Le socle commun⁴ détaille alors les étapes de la démarche d'investigation en dégagant trois phases qui peuvent s'apparenter aux trois paramètres de Giordan (question, hypothèses, argumentation).

² Préface du manuel *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*. Flammarion, 1996, p.8

³ MEN, BO n°1 , 5 janvier 2012

⁴ MEN, Livret Personnel de Compétences, janvier 2011, p.36

La **démarche d'investigation** fait maintenant partie intégrante de l'enseignement actuel des sciences. On trouve par exemple dans les nouveaux programmes du cycle 2 :

« Pratiquer, avec l'aide des professeurs, quelques moments d'une démarche d'investigation : questionnement, observation, expérience, description, raisonnement, conclusion ».

« La mise en œuvre de ces démarches d'investigation permet aux élèves de développer des manières de penser, de raisonner, d'agir en cultivant le langage oral et écrit ».

Dans le domaine 4 du nouveau socle commun :

« Par l'observation fine du réel, dans trois domaines, le vivant, la matière et les objets, la démarche d'investigation permet d'accéder à la connaissance de quelques caractéristiques du monde vivant, à l'observation et à la description de quelques phénomènes naturels et à la compréhension des fonctions et des fonctionnements d'objets simples ».

Au cycle 3 : « Par le recours à la démarche d'investigation, les sciences et la technologie apprennent aux élèves à observer et à décrire, à déterminer les étapes d'une investigation, à établir des relations de cause à effet et à utiliser différentes ressources. »⁵

⁵ BO spécial 26 novembre 2015 Programmes des cycles 2, 3 et 4.

2. Problématique : Le rapport personnel aux sciences des enseignants du primaire

Nous verrons que les enseignants du primaire en France sont en grande majorité non-scientifiques, c'est-à-dire que leur formation universitaire ou supérieure pré-INSPE n'est que rarement effectuée dans des domaines dits des « sciences dures » comme les mathématiques, les sciences de la matière ou de la vie, et la technologie ou l'ingénierie.

Chacun de nous possède un **rapport au savoir** qui se définit, au sens de Claudine Blanchard-Laville, comme « un processus créateur de savoir pour un sujet-auteur, nécessaire pour agir et pour penser » (Blanchard-Laville, 2013). Par extension, le « **rapport personnel aux sciences** » (en anglais « *nature of science* », ou « *NOS* »), est défini par Luz Martinez (2014) comme une épistémologie personnelle construite par le sujet sur son approche des sciences. Il apparaît que les enseignants non-scientifiques ont un *NOS* qui ne les met pas toujours en confiance pour enseigner celles-ci à leurs élèves.

Prenons un exemple montrant que l'épistémologie personnelle peut modifier de façon radicale la manière d'aborder un problème scientifique, voire mener au découragement : lors d'une mise en situation d'enseignants du primaire en formation, portant sur l'étude du pendule (masse oscillant au bout d'un fil), les stagiaires font des mesures de la période d'oscillation en faisant varier la longueur du fil puis la masse du pendule. Les résultats expérimentaux montrent que la masse n'a pas d'influence : « Cela ne leur va pas. Une réponse en creux ne leur convient pas. Ils ont l'impression d'avoir échoué. Lors du bilan de séance, ils commencent par dire "nous on n'a rien trouvé". C'est un résultat imprévu important. Pour nous, physiciens, si la masse ne compte pas, c'est un résultat fondamental. » (Martinez, 2014)

Notre problématique sera donc de **chercher comment améliorer le rapport personnel aux sciences des professeurs des écoles débutants, pour améliorer l'efficacité de leur enseignement.**

Nous proposons donc d'étudier les décalages entre les attendus des programmes de l'enseignement primaire et les pratiques réelles, en les analysant à partir de données sur le profil des enseignants, leurs ressentis, et les compétences de leurs élèves en sciences.

Puis nous proposerons quelques pistes, déjà explorées ou à explorer, en formation à partir de ces hypothèses de travail :

- **Des pratiques de formation peuvent améliorer sa propre transposition didactique, et ainsi permettre de mieux enseigner sans être expert de la discipline.**
- **Des pratiques de formation peuvent améliorer son rapport personnel aux sciences, et ainsi permettre de retrouver une confiance en soi pour mieux les enseigner.**

3. Décalage entre les attendus et les pratiques d'enseignement des sciences

En s'interrogeant sur la relation entre le professeur des écoles et sa formation d'une part, et son enseignement des sciences d'autre part, nous essayerons d'analyser le décalage et les difficultés entre les attendus professionnels et les niveaux de pratique et de compétences réels.

3.1. Au niveau international : Résultats PISA-TIMSS 2015

En 2015 le Boston College et l'IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) publient le rapport *International Results in Science TIMSS 2015* (Trends in International Mathematics and Science Study). On y trouve les résultats de l'étude internationale mesurant les performances en sciences des élèves à la fin de leur quatrième année de scolarisation obligatoire (correspondant au CM1 en France), ainsi que les pratiques d'enseignement des enseignants concernés.

Les résultats de la France comparée aux autres pays ont fait l'objet d'une note de la DEPP en 2016 : on peut y lire que « les élèves français obtiennent un score moyen de 488 en mathématiques et de 487 en sciences. **Ces scores sont significativement inférieurs aux moyennes internationales** des deux échelles TIMSS fixées à 500. »⁶

⁶ DEPP note d'information n°33, novembre 2016.

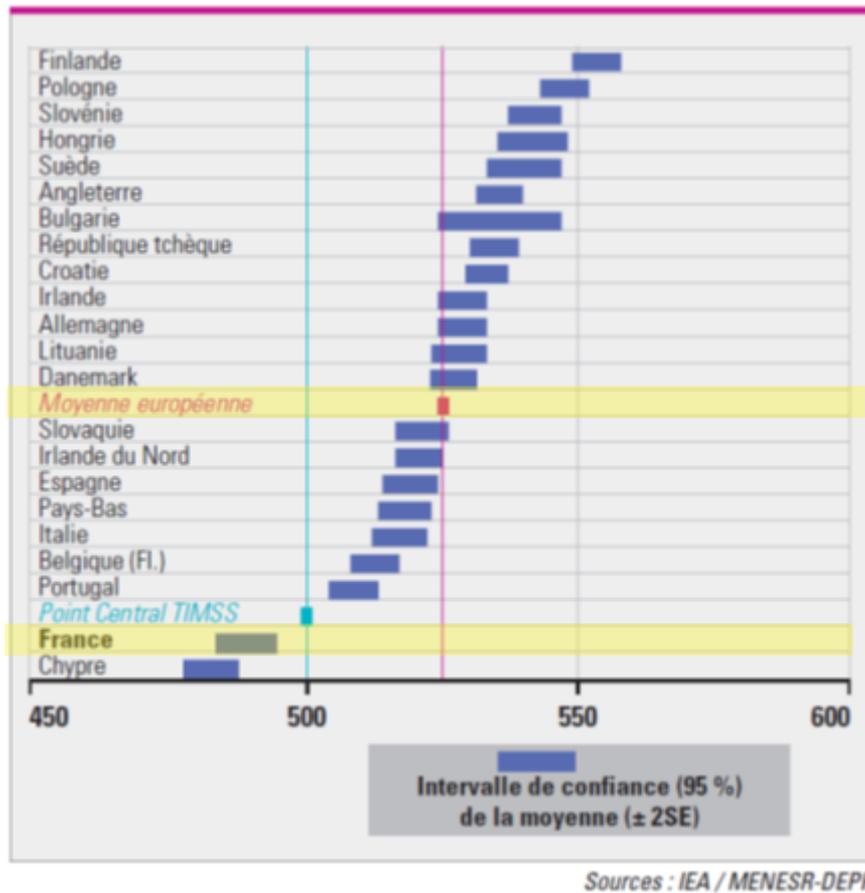
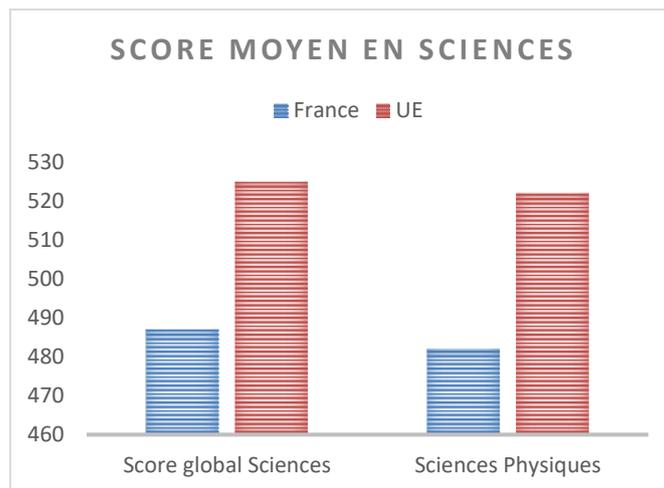


Figure 1 Répartition des performances des pays européens en sciences, TIMSS2015.

« Lorsque l'on ordonne tous les élèves des pays européens participants en fonction de leur score et que l'on découpe cet ensemble en quartiles, on observe que les élèves français se trouvent surreprésentés dans le quartile le plus faible : au lieu des 25 % attendus, ils sont 44 % en mathématiques et 45 % en sciences. À l'inverse, seuls 11 % des élèves français, au lieu des 25 % attendus, font partie du quartile européen le plus performant, tant en mathématiques qu'en sciences. »

« **Aucun sous-groupe d'élèves français** (les plus forts, les plus faibles ou les autres...) **ne s'éloigne du bas du classement** : 22e en mathématiques et 21e en sciences. En France, un élève sur huit ne maîtrise pas de compétences élémentaires. »

Il apparaît même que les sciences physiques constituent le domaine qui pose le plus difficultés :



6 – Scores moyens de la France et de l'UE aux trois domaines de contenus en sciences

	Score moyen global	Score moyen		
		Sciences de la vie	Sciences physiques	Sciences de la Terre
France	487	490	482	484
UE	525	528	522	523

Lecture : le score moyen de la France dans le domaine « Sciences de la vie » (490) n'est pas significativement différent du score moyen global de sciences (487).

En gras : la différence au score moyen global est significative.

Sources : IEA / MENESR-DEPP.

Figure 2 Scores comparés en sciences physiques

Prenons un exemple de question de l'étude TIMSS : il porte sur l'utilisation d'aimants (notion présente dans les programmes français avant le CM1)⁷ : un aimant est fixé sur le toit d'un petit jouet automobile, on demande à l'élève de choisir parmi les deux propositions suivantes celle qui fera avancer la petite voiture (fig.3) :

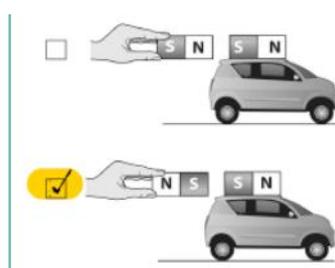


Figure 3

⁷ Programmes du Cycle 1 : BO n°2 du 26 mars 2015 « Les utilisations multiples d'instruments et d'objets sont l'occasion de constater des phénomènes physiques, notamment en utilisant des instruments d'optique simples (les loupes notamment) ou en agissant avec des ressorts, **des aimants**, des poulies, des engrenages, des plans inclinés... Les enfants ont besoin d'agir de nombreuses fois pour constater des régularités qui sont les manifestations des phénomènes physiques qu'ils étudieront beaucoup plus tard (la gravité, **l'attraction entre deux pôles aimantés**, les effets de la lumière, etc.). »

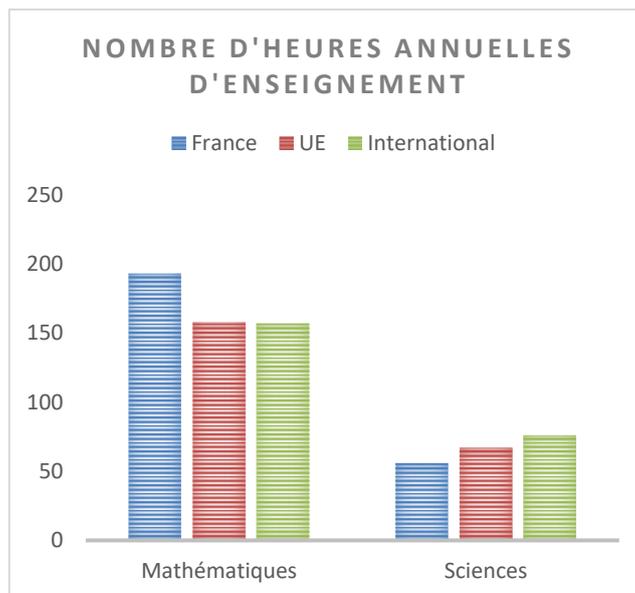
Seuls **9% des élèves répondent correctement** qu'il faut approcher le même pôle (pour créer une répulsion), plaçant **la France au 45^{ème} rang** dans le classement des nations à cette question⁸. Cet exemple montre non seulement la non-acquisition de la notion pour une grande majorité, mais aussi le statut de l'erreur chez les élèves français : la plupart ayant préféré ne pas répondre de peur de se tromper, puisqu'une réponse au hasard aurait donné environ 50% de réussite !

Évidemment, les conséquences sur les petits français sont préoccupantes sur le long terme. Un niveau insuffisant et un goût pour les sciences qui ne serait pas assez encouragé dès le plus jeune âge prive une génération de capacités spécifiques et de débouchés élargis, de même qu'il prive la nation de ressources. G. Charpak le dénonçait déjà en 1994 à propos de la surreprésentation des élèves de l'école Polytechnique issus de familles de cadres supérieurs (76%)⁹ : « Le raisonnement scientifique offre un puissant moyen d'accroître les capacités de réflexion, d'argumentation et de jugement des enfants. Une formation scientifique dès le plus jeune âge serait donc un puissant antidote à cette plaie qui fait qu'au lieu de puiser nos élites dirigeantes parmi les 58 millions de Français, nous les puisons dans un pays réduit à 10 millions d'habitants ».

Pour expliquer de tels résultats il peut être utile d'interroger les pratiques des enseignants français en CM1 : or on constate que si ceux-ci déclarent faire plus d'heures d'enseignement des mathématiques que la moyenne européenne, « en sciences, la configuration s'inverse, 78 heures annuelles sont prescrites, mais les enseignants français déclarent n'y consacrer que 56 heures, soit un déficit de 28%. En Europe, les enseignants déclarent 67 heures d'enseignement des sciences. D'après leurs déclarations, les enseignants de CM1 passent 22% du temps de classe à l'enseignement des mathématiques et 7% à l'enseignement des sciences. »

⁸ Voir en annexe la question et le classement des nations.

⁹ Charpak, G. et al. 1994. *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*.



8 – Nombre d'heures annuelles d'enseignement selon les enseignants

TIMSS 2015	Mathématiques	Sciences
France	193	56
Europe	158	67
International	157	76

Lecture : en France, selon les enseignants, 193 heures sont consacrées annuellement aux mathématiques en CM1.

Sources : IEA / MENESR-DEPP.

Figure 4

Les enseignants français se sentent moins à l'aise dans l'enseignement des sciences que leurs pairs européens : « Les enseignants français sont moins nombreux que leurs collègues européens à déclarer se sentir à l'aise ou très à l'aise [...] lorsqu'il s'agit de *proposer un travail plus complexe aux élèves qui réussissent le mieux* (18% des enseignants français se sentent à l'aise dans cette tâche vs 53% en moyenne européenne) ; *améliorer la compréhension des sciences des élèves en difficulté* (45% vs 68%) ; *expliquer les concepts ou les principes scientifiques en faisant des expériences* (47% vs 62%). »

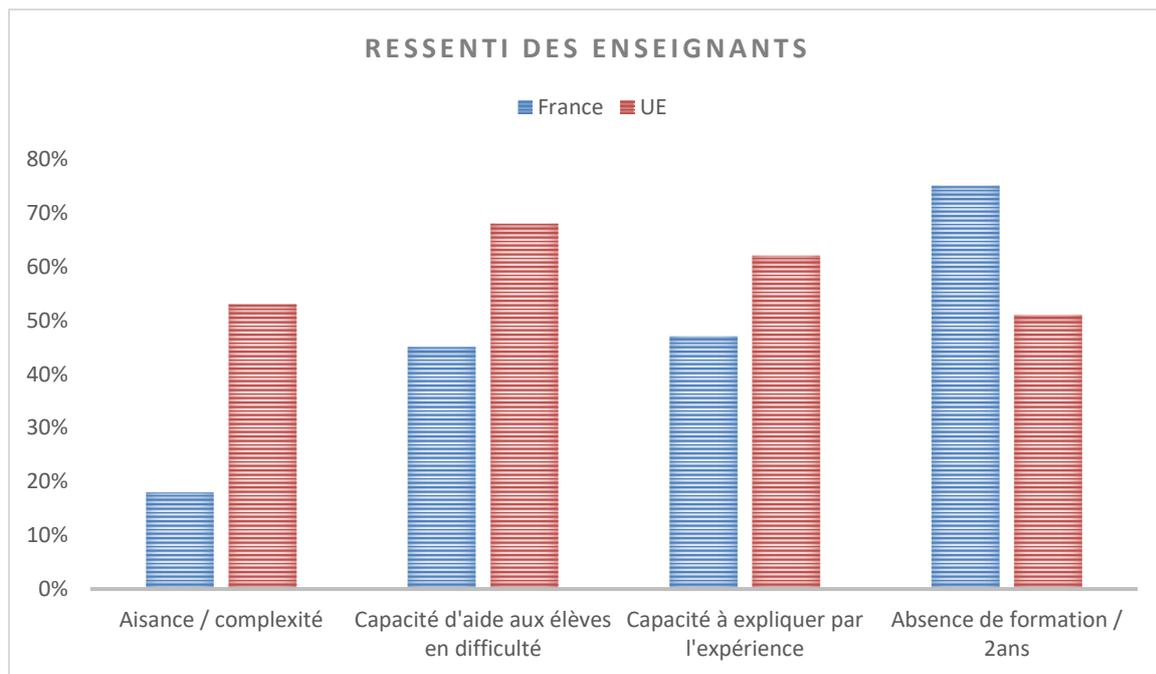


Figure 5

Toujours dans cette étude, 75% des enseignants français interrogés déclarent n'avoir reçu aucune formation dans le domaine des sciences au cours des deux dernières années, contre 51% en moyenne européenne.

3.2. Au niveau national : Le cursus initial des enseignants français

En 2003, d'après le ministère de l'éducation nationale les « professeurs des écoles sont issus à 78 % des formations en lettres et sciences humaines. »¹⁰.

En 2005, « les trois quarts des enseignants du premier degré déclarent avoir suivi la filière universitaire, dont 46 % dans les disciplines littéraires, 16 % scientifiques, 9 % économique et droit et 4 % dans les autres filières (médecine, STAPS, etc.). Cette répartition est proche de celle des reçus au concours externe du CRPE en 2004. [...] 34 % des enseignants se déclarent titulaires d'un baccalauréat de la série L, 42 % de la série S, 19 % de la série ES et 4 % d'un baccalauréat technologique. Toutes générations confondues, **on constate une surreprésentation des littéraires parmi les enseignants**. Mais le poids des différents baccalauréats généraux tend à évoluer au fil des générations, de manière encore plus nette chez les enseignants que pour l'ensemble des bacheliers. Parmi les professeurs des écoles de moins de 32 ans, le poids des bacheliers S est important (47 %), proche de ce qui est observé pour les bacheliers des années 1995 et suivantes, et devient maintenant très supérieur au poids des littéraires (26 %). Comme beaucoup de bons élèves, les enseignants ont souvent choisi au lycée la série S sans s'engager par la suite dans des études

¹⁰ MEN, Éducation & formations – n° 66 – juillet-décembre 2003, p134

scientifiques, mais pour d'autres raisons comme « le souci de se garder le plus longtemps possible des portes ouvertes ». Les nombreux enseignants titulaires du baccalauréat S se sont, en moyenne, encore moins orientés que les autres bacheliers de cette série vers des filières scientifiques universitaires, qui connaissent depuis une dizaine d'années une certaine désaffection»¹¹. La formation continue ne prend pas le relai puisque « 65 % des professeurs – moyenne établie toutes disciplines confondues – ne participent à aucune formation continue durant toute leur carrière »¹² (Jasmin, 2019).

En 2019, « les candidats au concours de professeurs des écoles (CRPE) ont pour la majorité d'entre eux suivi une licence non scientifique (on estime à moins de 20 % le nombre de professeurs ayant une formation initiale en sciences) et on peut considérer que leur contact avec les sciences de la nature et de l'observation remonte à leur cycle secondaire. Aujourd'hui, un étudiant de Master qui se destine à être professeur des écoles aura eu quelques interventions en Licence sur cet enseignement et selon l'option qu'il choisit au concours (choix parmi sept options), de 15 à 40 heures en Master 1 et autour de 20 heures en Master 2. Il ne bénéficiera que rarement d'un suivi sur ce sujet lors de ces premières années dans le métier. » (Jasmin, 2019)

3.3. Au niveau local

Nous retrouvons localement la même tendance : en Corrèze à la rentrée 2016 il y avait 37 néo-titulaires, la répartition des séries du baccalauréat de ces enseignants était la suivante :

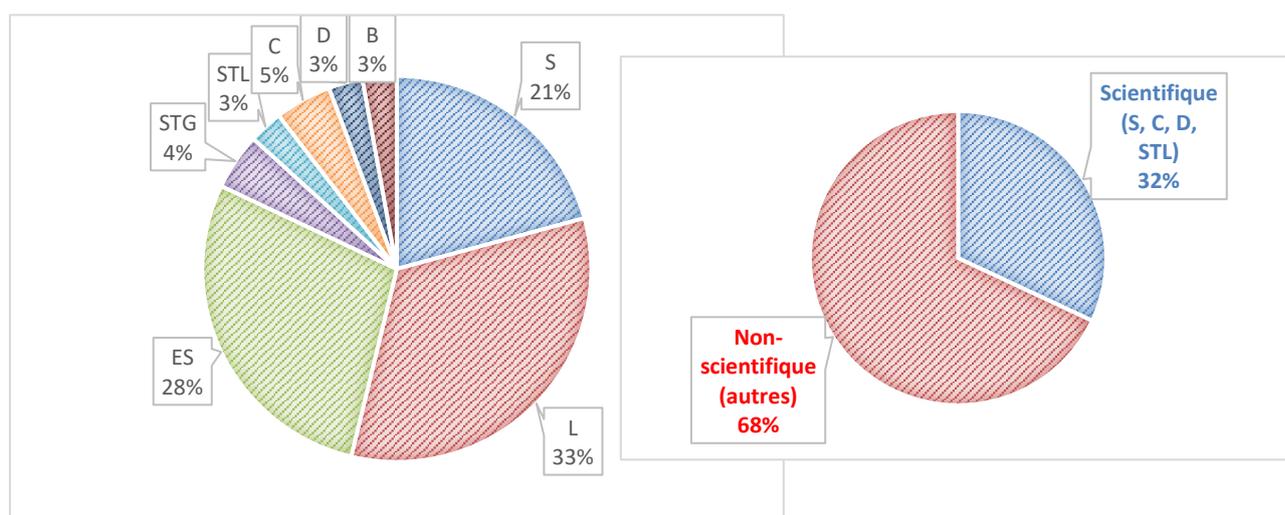


Figure 6 Série du baccalauréat des professeurs des écoles titularisés en 2016 en Corrèze

¹¹ DEPP, Note d'information 06.17, 2006, p2

¹² Ibid.

Même si la filière S est bien représentée, on peut donc constater que les deux tiers des néo-titulaires ne sont pas issus de filières scientifiques. Or une partie des titulaires d'un bac scientifique n'a pas poursuivi d'études scientifiques, cette tendance apparaît à nouveau dans la promotion 2016 de M1 : sur 23 étudiants à Tulle, 8 ont un bac S et 1 un bac STI, seuls deux ont poursuivi ensuite des études scientifiques (Finances et EEA) alors que les autres s'orientaient vers STAPS, droit, génie civil, économie et lettres classiques. On retrouve aussi ce phénomène chez les néo-titulaires interrogés ci-après.

Parmi les néo-titulaires du département de la Corrèze ayant suivi leur formation initiale sur le site de Tulle de l'INSPE de l'académie de Limoges de cette promotion, six ont accepté de répondre anonymement à un questionnaire un peu plus approfondi sur cette problématique. Les mêmes questions leur ont été soumises, portant sur les champs de la pratique des sciences physiques dans leur classe, des modalités pédagogiques et didactiques de cet enseignement, et enfin de leur formation initiale¹³.

Ces six enseignants exerçaient pour moitié dans des écoles rurales et pour moitié dans un milieu urbain, dont un en REP. Trois enseignent en cycle 1, trois en cycle 2, et deux en cycle 3. Leurs classes comptent entre 10 et 28 élèves.

3.3.1. Un bagage universitaire plutôt non-scientifique

Il apparaît que la moitié de ces enseignants ont obtenu un bac S (deux autres un bac L et un le bac ES), mais aucun n'a poursuivi d'études scientifiques. On remarque par ailleurs que la moitié a suivi des études supérieures en sciences de l'éducation :

Quel est votre domaine d'études supérieures ? (6 responses)

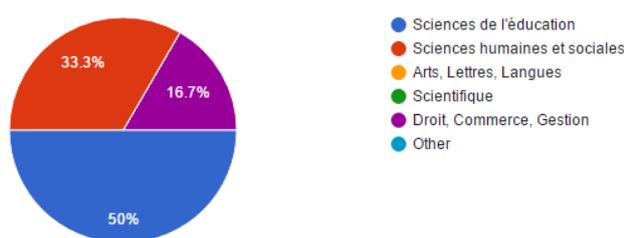


Figure 7 Domaine d'études supérieures des stagiaires

Ces quelques profils correspondent aux constatations de la DEPP sur le fait qu'après avoir fait un bon cursus secondaire les menant au bac S, ces anciens étudiants n'ont pas souhaité continuer à étudier les sciences. Par contre, la proportion de cursus dans les sciences de

¹³ Voir le questionnaire complet en annexe.

l'éducation peut traduire un intérêt pour l'enseignement présent dès le début de leurs études supérieures.

3.3.2. Une pratique des sciences plus difficile et inférieure aux horaires recommandés

Dans leur pratique de classe, tous déclarent consacrer moins de 2h par semaine à l'enseignement des sciences, soit moins que les recommandations officielles, et la moitié avouent même y consacrer moins d'1h hebdomadaire.

Quatre des six enseignants disent se sentir moins à l'aise pour enseigner les sciences physiques, mais il n'apparaît pas de plus grande difficulté sur les questions soulevées par l'enquête TIMSS 2015, à savoir « améliorer la compréhension des élèves en difficulté », et « expliquer les concepts scientifiques en faisant des expériences », où une majorité (4 sur 6) déclare même se sentir plutôt à l'aise.

Par contre, la majorité déplore le manque, voire l'absence, de matériel pédagogique pour faire manipuler leurs élèves, et le cite dans les difficultés à mettre en œuvre leur enseignement. En conséquence, la moitié déclare n'avoir pas fait manipuler leurs élèves plus d'une fois cette année.

Il est aussi intéressant de constater que le choix des thèmes traités en classe ne se fait pas strictement sur des considérations liées aux programmes, mais aussi sur des critères de « préférences personnelles » ainsi que de « capacités personnelles ».

3.3.3. Des modalités didactiques intégrant l'investigation, mais avec plus de contraintes

Si seulement un sur deux disent pratiquer des écrits de recherche avec leurs élèves, cinq sur les six affirment faire de l'investigation et se sentir moyennement à assez à l'aise dans cette démarche. Tous pensent que cela captive plus les élèves qu'un enseignement plus classique, quatre que cela permet une meilleure construction des savoirs et des compétences. Mais la moitié cite des difficultés dans la pratique de la démarche d'investigation, ainsi elle est jugée :

- plus difficile à concevoir
- plus chronophage
- plus difficile en gestion de classe

Pourtant un seul déclare avoir vraiment vécu des difficultés de gestion de classe lors d'une séance de sciences. Mais pour ces raisons, un des enseignants interrogés déclare ne pas être sûr de pratiquer à nouveau l'investigation cette année, alors que la moitié est sûre de le refaire.

3.3.4. Une formation initiale globalement jugée insuffisante

Tous les enseignants interrogés déclarent utiliser les apports didactiques de leur formation initiale à l'INSPE, mais la moitié la juge plutôt insuffisante sur ce plan. Quatre souhaiteraient avoir des compléments de formation en didactique des sciences.

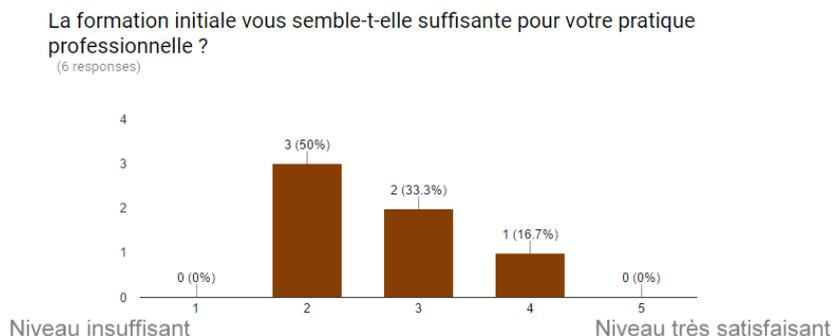


Figure 8 Niveau de satisfaction de la formation initiale des stagiaires

Une seule personne a considéré la formation initiale plutôt suffisante pour sa pratique professionnelle.

3.3.5. La formation initiale des professeurs des écoles dans l'académie de Limoges

En master MEEF mention 1^{er} degré, un futur enseignant (ou enseignant stagiaire lors de la 2^{ème} année) reçoit une formation initiale dans toutes les disciplines de l'école. Les données suivantes concernent l'académie de Limoges et portent sur l'année scolaire actuelle¹⁴. En sciences physiques et technologie cette formation est composée de 16h d'enseignement en 1^{ère} année (M1) soit 2% de l'horaire total, et 6h en 2^{ème} année (M2) soit **1,6%**.

En comparaison, les horaires en M1 de français ou de mathématiques sont de 92h, en EPS de 54h, en anglais de 53h :

¹⁴ Maquette Master MEEF mention 1^{er} degré, INSPE de l'académie de Limoges.

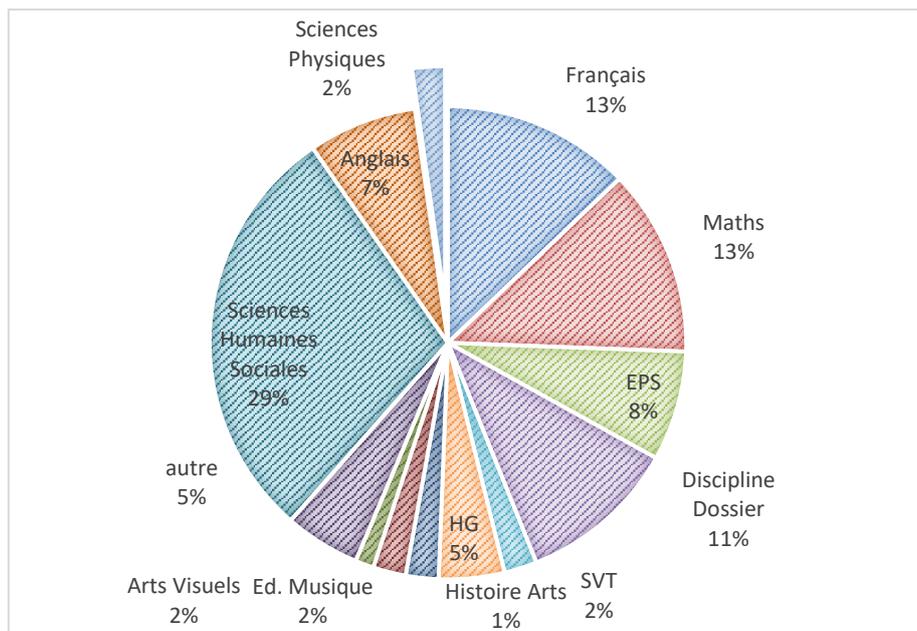


Figure 9 Répartition des horaires de formation en M1

En ajoutant les horaires de SVT et de sciences physiques, la part de la formation consacrée aux sciences est donc de 4% en première année, et sensiblement la même en année de stage.

Sur ce faible horaire, trois objectifs doivent pourtant être remplis : assurer une remise à niveau scientifique des candidats, les préparer au concours (ainsi qu'aux examens du master) en première année, et surtout leur donner les outils de base, tant sur les plans pédagogique, didactique que disciplinaire, pour commencer une carrière d'enseignant.

Les contenus disciplinaires sont fixés par les thèmes des programmes de l'école primaire, en portant le niveau aux exigences du concours, c'est-à-dire au minimum celui du brevet des collèges. Ces thèmes sont :

- L'énergie (sources, transformations et conversions, électricité)
- La matière (propriétés, structure macro et microscopique, états physiques et changements d'états, mélanges et solutions)
- La technologie (objets techniques, fonctions, transmissions et transformations des mouvements)
- La lumière (propagation, ombres, phénomènes physiques, éclipses et phases de la lune)
- La Terre dans l'univers (structure et mouvements dans le système solaire, alternances jours/nuits et saisons).

Les contenus pédagogiques et didactiques portent sur la conception et la construction de séances et de séquences en sciences à l'école. Les étudiants et stagiaires apprennent à élaborer une programmation à partir des bulletins officiels, puis à construire leurs séquences

et leurs séances, pour les mener lors de leurs différents stages de pratique. La formation mêle la pédagogie, comme les problématiques de gestion de classe, avec la didactique, pour faire émerger les interactions évidentes qui les lient : c'est-à-dire de comprendre que les choix de démarches d'enseignement ont des répercussions sur le comportement de la classe face à l'apprentissage proposé. En première année les étudiants abordent la démarche d'investigation, son émergence et ses intérêts, puis ses étapes et sa mise en œuvre. La formation alterne les études et les analyses de cas avec les premières mises en situations. En année de stage la formation se veut plus pratique et orientée vers des mises en applications concrètes, des mises en situations et des échanges de pratiques.

4. Comment concevoir une formation à l'enseignement des sciences

4.1. Vers une meilleure transposition didactique

4.1.1. Notion de transposition didactique

La notion de **transposition didactique**, telle qu'introduite par Chevallard (1991), est « *la sélection et la transformation des savoirs scientifiques en vue de leur enseignement* » ; elle est donc particulièrement fondamentale à l'école primaire. Thouin (2009) a identifié cinq facteurs assurant une transposition didactique réussie :

1) *Présenter les sciences et technologies de façon non dogmatique.*

On retrouve là toute l'importance du rapport personnel à la science, qui sera analysé dans la partie suivante.

2) *Se placer dans un contexte signifiant.*

C'est-à-dire donner du sens à son enseignement en prenant en compte la question « *à quoi ça sert ?* ».

3) *Personnaliser le savoir en utilisant l'histoire des sciences.*

L'utilisation de l'histoire des sciences permet de ne pas donner l'impression d'un savoir qui n'existerait que dans les livres. Elle introduit chez l'élève la notion d'évolution des idées, diminuant le risque du relativisme et entraînant avec elle un autre statut de l'erreur : l'élève découvre que celle-ci fait partie intégrante de la construction des connaissances et des théories scientifiques. Elle donne enfin à l'enseignant un moyen de mieux appréhender les difficultés de ses élèves dans la construction de leurs connaissances (l'ontogénèse), en regard de celle de l'histoire des sciences (la phylogénèse).

4) *Respecter le syncrétisme des sciences.*

L'organisation des domaines scientifiques correspond à un ensemble logique, à une cohérence des savoirs qu'il convient de respecter dans l'enseignement.

5) *Reformuler et opérationnaliser les savoirs sans les dénaturer, en permettant aux élèves de vivre une véritable reconstruction de ceux-ci.*

On retrouve ici la démarche socio-constructiviste et la notion de vulgarisation en cherchant le juste équilibre entre trop de rigueur et trop de simplification. Enfin il s'agit de rendre la science utile sans tomber dans l'utilitaire (ne pas la présenter comme un simple outil).

4.1.2. Quel niveau de maîtrise pour enseigner les sciences ?

La reconnaissance de l'enseignement en tant que métier bute, selon Develay (1994), sur le fait qu'il « ne posséderait pas de savoirs et savoirs-faire organisés de façon à être transmissibles parce que suffisamment objectifs ». Il identifie deux écueils : d'un côté une vision de l'enseignement comme un art, qui relèverait du don ou du charisme, et donc de l'impossibilité de former à l'enseignement ; de l'autre côté une vision qui ne relèverait que de la pédagogie, où il suffirait de compétences en psychologie et en communication pour pouvoir tout enseigner. Develay propose plutôt d'axer la formation sur quatre domaines de compétences :

- Disciplinaires et épistémologiques
- Didactiques
- Pédagogiques
- Psychologiques

Develay cite Comenius qui, en 1657, définissait la didactique comme « *l'art et les moyens d'enseigner* ». Or, nous l'avons vu, aujourd'hui les savoirs scientifiques se multiplient et la question de leur acquisition est centrale, c'est un axe majeur de la formation des enseignants du primaire. « On peut faire correspondre au niveau scientifique l'émergence et le développement de la didactique avec l'explosion des savoirs. Ainsi s'expliquent les interrogations qui lui sont posées : quels savoirs privilégier ? Selon quelles modalités en prévoir l'appropriation par les apprenants ? Quelles procédures en permettent le réinvestissement ou le transfert ? ... » (Develay, 1994).

Dans une étude portant sur une classe de CP, Corinne Marlot (2009) montre que chez l'enseignant qui n'est pas expert de la discipline, la démarche en elle-même peut prendre le pas sur les objectifs d'acquisition scientifique. Dans un phénomène qu'elle nomme « **glissement de jeux d'apprentissages scientifiques** » elle pointe « l'évanouissement des savoirs scientifiques » face au maintien du cadre de la démarche. De plus, elle met aussi en évidence des difficultés épistémologiques (« une représentation imaginaire de la science ») comme l'importance exagérée accordée aux faits d'observations, au détriment du recours à des théories et des modèles, ou « la prédominance de la syntaxe sur la sémantique, c'est-à-dire du format de communication sur les contenus notionnels qu'il est censé véhiculer. »

Concernant la démarche d'investigation, « une enquête menée par l'Inspection générale (Sarmant, 1999), relève les effets positifs induits par cette méthodologie sur le comportement social et moral des élèves, sur l'amélioration de l'esprit logique et des capacités d'expression et sur l'acquisition de connaissances scientifiques ». Cependant ce même rapport pointait

l'apparition de dérives qui se confirment donc comme des obstacles essentiels à prendre en compte dans la formation : « dérives du "tout méthodologique", "tout technologique", ou encore le "relativisme" (le savoir de référence n'étant pas pris en compte) liées à une culture scientifique et à une formation insuffisante des enseignants ».

Il paraît donc nécessaire que l'enseignant ait le plus haut niveau de maîtrise disciplinaire possible, mais « un savoir de haut niveau est celui qui permet un recul distancié vis-à-vis de la structure de la discipline, un savoir des contenus et de leur épistémologie », nous dit Develay, « ce qui permet de regarder avec hauteur les savoirs enseignés, et non pas ce savoir qui tiendrait sa hauteur de l'accumulation de savoirs ». Claudine Blanchard-Laville (2013) nous dit que ce que l'on voit en situation didactique « n'est pas ce que le professeur *sait mais ce qu'il fait de ce qu'il sait* ». C'est donc aussi au niveau du rapport au savoir de l'enseignant que nous nous proposerons d'agir.

4.1.3. Propositions

4.1.3.1. Connaître les processus d'apprentissage des enfants en sciences pour construire une didactique efficace

*« Dis-moi et j'oublierai, montre-moi et j'apprendrai, laisse-moi faire et je retiendrai »
(Confucius)*

L'objectif du transfert didactique est de permettre à l'élève d'intégrer le savoir commun pour faire son « savoir à soi ». Le choix didactique de l'enseignant sera donc fondamental dans la réussite de ce processus : « Le savoir commun est un savoir qui s'impose et, d'une certaine façon, il faut accepter une relation de soumission à ce savoir pour pouvoir l'apprendre. Accepter qu'on ne sait pas alors qu'on croit savoir. Et en même temps, apprendre, c'est produire un savoir pour soi, produire du savoir personnel, c'est là que je pense que Winnicott est intéressant, et particulièrement ce qu'il dit sur l'espace transitionnel. Il dit que chacun réintègre un élément de la réalité qui est le savoir commun dans son propre psychisme pour se faire son savoir à soi. Mais il faut accepter de se soumettre à ce savoir commun proposé ou imposé par une autorité (enseignante par exemple). Et moi je pense que ce passage, à savoir reconnaître qu'on ne sait pas pour pouvoir apprendre, est extrêmement frustrant pour un enfant. Il faut accepter cette frustration et pour l'accepter il faut qu'elle ne soit pas trop angoissante pour l'enfant. Donc, s'il accepte cette frustration, alors il va rentrer dans le cheminement et il va accepter que des choses lui soient imposées pour justement apprendre. » (Mosconi, 2010)

J'ai eu l'opportunité de participer au séminaire annuel de formateurs de sciences, les « *Rencontres Georges Charpak* », organisé par la fondation « La Main à la Pâte » à l'Institut

d'études scientifiques de Cargèse. Il était notamment animé par David Jasmin, directeur de la fondation, et Cécile de Hosson, physicienne et didacticienne des sciences à l'université Paris-Diderot. Pour D. Jasmin, il s'agit de permettre « à chaque élève de participer à la construction de son propre savoir, tout en mettant à profit sa créativité et sa curiosité. Les élèves apprennent à apprécier la justesse d'une observation, l'exactitude d'une description, la pertinence d'un raisonnement en fonction des phénomènes étudiés et des questions posées. Cela les conduit à objectiver leurs points de vue pour y intégrer les arguments de leurs camarades et l'apport de l'expérience. Les élèves découvrent également qu'une erreur n'est pas forcément associée à un échec mais fait partie de tout apprentissage et du processus de construction du savoir » (Jasmin, 2019). Un guide pour les enseignants a été édité¹⁵ par Edith Saltiel, K. Worth et M. Ducque détaillant les fondements de démarche proposée: « **L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation** présuppose que les élèves comprennent réellement ce qu'ils apprennent et ne se limitent pas à apprendre des contenus et des informations. Cet enseignement s'appuie sur :

1. **Une compréhension des modes d'apprentissage des élèves :**

- les élèves cherchent à donner du sens au monde qui les entoure en participant à le rendre prévisible
- les élèves cherchent à dégager de leurs propres expériences et de l'interaction avec les autres élèves des modèles explicatifs.

2. **La nature de l'investigation scientifique.** Le processus d'investigation scientifique peut être représenté par quatre étapes :

- **explorer** : les élèves se familiarisent avec le phénomène à étudier
- **chercher** : les élèves planifient et mènent l'investigation
- **aboutir à des conclusions** finales : les élèves font une synthèse de ce qu'ils ont appris pour en extraire des conclusions
- **communiquer** : les élèves communiquent leurs nouveaux acquis à un public plus large.

Il est important de noter que le processus d'investigation scientifique n'est pas un processus linéaire et ne se résume pas à un ensemble d'étapes à suivre, selon les sujets traités et la nature de l'investigation envisagée, l'enseignant devra insister sur certaines phases du processus, l'ensemble des étapes de ce processus ne sera pas forcément présent lors de chaque séance.

¹⁵ *L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation*. Paris : Pollen - La main à la pâte, 2009.

3. **Le contenu scientifique.** Les notions importantes sont explicitées dans les programmes mais certaines plus spécifiques dépendent du contexte local et des centres d'intérêt des élèves et des enseignants. »

Les auteurs identifient aussi quelques principes fondamentaux :

- Expérimenter par soi-même est au cœur des apprentissages. En partant du fait que « les mots seuls ont peu de poids pour changer les idées ».
- Les élèves doivent s'approprier et comprendre la question ou le problème qui est au centre de leur travail.
- Apprendre des sciences ne consiste pas seulement à agir sur et avec les objets, cela consiste aussi à raisonner, échanger avec les autres et à rédiger pour soi et pour les autres.
- L'utilisation de ressources documentaires complète l'expérience directe.
- La science est un travail de collaboration.

Boilevin (2013) cite plusieurs études indiquant que l'enseignement fondé sur l'investigation, comme nous l'avons présenté, apporte des résultats : « L'étude de Blanchard et al. (2010) montre que les élèves participant à des activités d'investigation ont de meilleurs résultats que les autres, particulièrement dans les établissements accueillant des publics défavorisés ou lorsque les enseignants font preuve de pratiques d'investigation solides ». « Wu et Hsieh (2006) étudient la construction des explications par les élèves dans un environnement scolaire de type investigation scientifique. Ils identifient quatre sortes de compétences en jeu :

- Identification des relations causales,
- Descriptions des procédures de raisonnement,
- Utilisation des résultats de mesures,
- Évaluation des explications.

Ils montrent que le recours à un enseignement par investigation scientifique amène les élèves à progresser dans les trois premières compétences mais qu'il ne provoque qu'une légère amélioration pour la quatrième ». « Gibson et Chase (2002) montrent que l'enseignement par investigation scientifique sur plusieurs années a des effets bénéfiques sur les attitudes vis-à-vis des sciences et augmente l'intérêt pour les carrières scientifiques ».

La formation didactique d'un enseignement fondé sur l'investigation doit ainsi se baser sur plusieurs éléments essentiels, développés par Morge et Boilevin (2007) :

4.1.3.2. Une tâche à effectuer, un problème à résoudre.

Nous avons vu que l'on doit faire travailler les élèves sur l'émission d'hypothèses et le questionnement. Cet élément « répond ainsi à une condition psychologique (un point de vue constructiviste sur l'apprentissage) mais aussi à une condition didactique (la prise en compte des conceptions initiales et la mise en échec éventuelle de théories alternatives des élèves) ». L'appropriation du problème par l'élève, que l'on peut nommer la pratique de **dévolution** apporte une « clé permettant de résoudre un grand nombre de problèmes de motivation et de comportement chez les élèves » (Thouin, 2009). En cela elle pourrait, comme nous l'apprend Saujat¹⁶, participer au développement du « **pouvoir d'agir** de l'enseignant débutant » en étant une **didactique à « double fonctionnalité »** : à la fois efficace sur le plan des apprentissages et sur le plan de la gestion de classe. Les travaux de Saujat indiquent que les débutants en difficulté passent typiquement par plusieurs phases de développement personnel dans leur pratique :

- Ils se réfugient d'abord dans des « **tâches fantômes** » qui n'ont que peu d'intérêt en terme d'apprentissage mais permettent de maintenir une sorte de « paix sociale » dans la classe. C'est en fait une « stratégie de survie » impliquant un « renoncement disciplinaire » qui finit par aboutir à un sentiment d'impuissance et d'inefficacité.
- Ensuite vient une phase de « **fonctionnalité ergonomique de la tâche** », caractérisée par une configuration de classe plus structurante, toujours une recherche de protection de soi de la part de l'enseignant qui se crée des « îlots de stabilité », en pratiquant une pédagogie efficace sur le plan de la gestion de classe mais encore didactiquement pauvre.
- En troisième lieu vient une phase qu'il qualifie de « **fonctionnalité didactique** », elle se définit par une réactivation du sens, une volonté de retour à des pratiques plus réfléchies sur le plan didactique, mais avec comme conséquence une réapparition des difficultés de gestion de classe, qui aboutit à des oscillations avec la deuxième phase.
- Enfin la dernière phase, dite de « **double fonctionnalité** », correspond à la réussite de la conciliation des deux objectifs d'efficacité pédagogique et didactique : l'apparition de la véritable compétence à « faire la classe ».

C'est donc lors de chacune de ces phases, dans l'année de stage mais aussi certainement plus tard, que la formation doit être présente dans une démarche d'accompagnement au développement personnel.

¹⁶ Frédéric Saujat, « Le pouvoir d'agir des enseignants débutants à l'épreuve des classes difficiles », conférence à l'ESPE de l'académie de Limoges, 14 octobre 2015.

4.1.3.3. Favoriser le travail en équipe.

Le travail de l'élève en groupe lui donne « une image de la pratique scientifique plus conforme à la pratique actuelle des chercheurs (condition épistémologique). De plus le travail à plusieurs permet aux élèves de construire des connaissances pendant les échanges et les discussions. Il s'agit d'une seconde condition psychologique : un point de vue socio-constructiviste sur l'apprentissage. [...] Cela favorise une prise de conscience des conceptions, une déstabilisation et une modification éventuelle de celles-ci. Ainsi des conceptions différentes des phénomènes envisagés conduisent à des représentations différentes du problème » (Morge et Boilevin, 2007). Le rôle du professeur « n'est plus celui qui transmet des connaissances toutes faites de manière « *expositive* », mais celui qui aide les élèves à construire leurs propres connaissances au cours des échanges entre élèves ou entre élève et professeur. [...] En aucun cas il n'apporte de réponses toutes faites, ne tranche ni ne juge. [...] Il circule aussi parmi les groupes pour repérer les difficultés des élèves, ce qu'ils savent et ce qu'ils ne savent pas faire, pour mieux ajuster ses interventions aux possibilités de ces derniers ».

4.1.3.4. Favoriser la communication

Le travail collectif alterne entre « des temps de réflexion et de production en petits groupes de façon à pouvoir discuter, échanger entre élèves et avancer ensemble dans la résolution de la tâche ; des temps de communication des travaux de groupes et des temps de discussion, de confrontation des points de vue en classe entière » (Morge & Boilevin, 2007). Là aussi on retrouve une condition épistémologique : « le produit de la recherche d'une équipe se partage avec l'ensemble de la communauté scientifique ». La science est vue comme une pratique sociale : « la recherche s'effectue en équipe et le savoir se partage et se construit entre chercheurs ». La condition psychologique est aussi socio-constructiviste : « la connaissance est un processus de construction qui nécessite une communication et une validation entre les individus ». Le rôle du professeur est ici fondamental dans l'écoute et la prise en compte des différentes propositions des élèves : « il organise une discussion, attire l'attention sur les convergences et les divergences et demande des justifications. Il cherche un consensus à la fin de certaines phases de discussion lorsque cela s'avère nécessaire. En fin d'activité, le professeur devient le responsable de la validité des propos, celui qui sait et qui dit ce qui est conforme à la physique ou à la chimie. Ce rôle de garant est nécessaire pour que les élèves progressent : il faut une assurance que la tâche a été menée jusqu'au bout ». À l'école primaire cette dimension doit bien-sûr être introduite progressivement tout au long des cycles, on cite souvent les bénéfiques langagiers des communications orales ou écrites, mais il y a là plus qu'une dimension interdisciplinaire certes positive : on doit aussi y voir l'occasion de

développer chez les élèves « la curiosité, la créativité, la rigueur, l'esprit critique, la mémorisation, la collaboration pour mieux vivre ensemble et le goût d'apprendre » (Introduction aux programmes de Sciences et technologie du cycle 3).

4.2. Un rapport personnel aux sciences propice à son enseignement

4.2.1. Le rapport au savoir scientifique

Le transfert didactique ne pourra réussir qu'à la condition que le propre rapport au savoir scientifique de l'enseignant le permette. Or « un enseignant, un formateur, bien plus que des savoirs, transmet son propre **rapport au savoir** qu'il enseigne et ainsi transmet tout autant sa partie vivante que ses traumatismes, ses impensés, ses enkystements. [...] Les traumatismes affectant le rapport au savoir d'un enseignant sont très liés à sa propre histoire personnelle ».

« Le transfert didactique de l'enseignant, qui ne peut manquer d'être issu de son **rapport traumatique au savoir** (et lequel d'entre nous n'a pas un rapport traumatique au savoir ?) constitue le canal par lequel l'enseignant va transmettre à son insu les caractéristiques traumatiques, les impensés, les enkystements, les fossilisations de son propre rapport au savoir. » (Blanchard-Laville, 2013)

Martinez montre l'importance de caractériser ce rapport personnel chez l'enseignant débutant, et le met en relation avec la difficulté de construire une activité d'enseignement des sciences. Il dégager deux grandes tendances semblant opposées :

- Une vision classique et traditionnelle
- Une vision contemporaine et évolutiste.

La première se définit par l'empirisme, l'inductivisme et le positivisme : elle considère qu'il n'y a qu'un seul chemin pour accéder aux connaissances scientifiques et que l'observation constitue le premier pas dans cette méthode. Dans cette tendance « les connaissances scientifiques ont un caractère objectif et universel qui implique une vision statique des connaissances, elles ont plus de valeur épistémologique que des connaissances plus subjectives et quotidiennes » (Martinez, 2014). La difficulté d'un tel rapport aux sciences est le risque d'aboutir à un dogmatisme : selon Thouin (2009) « la transformation des savoirs scientifiques en savoirs scolaires a souvent comme effet de donner aux sciences un caractère dogmatique, c'est-à-dire de la présenter comme un ensemble de faits établis, de méthodes immuables, de théories prouvées de façon indiscutables ».

La deuxième vision se définit par le constructivisme, une philosophie plus contemporaine, caractérisée par une méthodologie scientifique diverse. Dans cette tendance « l'activité scientifique est perçue comme logique et créatrice, ne pouvant être codifiée par des recettes,

le savoir scientifique est historiquement déterminé et donc relatif. La science est un essai de comprendre le monde, de construire une connaissance scientifique qui ne doit pas être associée à la vérité (absolue) » (Martinez, 2014). Cette fois le risque de ce rapport aux sciences est le relativisme, c'est-à-dire la confusion entre science et croyance. Bien que cette tendance n'apparaisse pas comme majoritaire chez les enseignants dans l'article de Martinez, le relativisme peut être présent chez les élèves et doit être pris en compte dans la construction de leurs savoirs et compétences, comme les préambules des programmes de cycles 3 de Sciences et technologie l'indiquent explicitement : « la mise en œuvre de démarches scientifiques et technologiques variées et la découverte de l'histoire des sciences et des technologies, introduit la distinction entre ce qui relève de la science et de la technologie, et ce qui relève d'une opinion ou d'une croyance ».

Selon Thouin (2009), le rapport personnel aux sciences peut avoir pour conséquence un certain nombre d' « obstacles épistémologiques », plus ou moins conscients. Mais qui peuvent entamer la confiance de l'enseignant, car il perçoit la difficulté qu'ils induisent dans sa pratique professionnelle. Thouin identifie les obstacles suivants :

- L'obstacle animiste : expliquer un phénomène scientifique en attribuant une âme aux objets (exemple : « quand je me déplace la nuit, la lune me suit »).
- L'obstacle verbal : substitue l'explication par des termes, souvent à connotation scientifique, mais qui n'expliquent rien en soi (exemple : « ce médicament soulage car il contient un analgésique »).
- L'obstacle classificatif : substitue l'explication par une classification (exemple : « la poule a des plumes parce que c'est un oiseau »).
- L'obstacle tautologique : supprime l'explication (« parce que c'est ainsi ! »).
- L'obstacle d'unicité de relation : simplifie l'explication en n'attribuant qu'une seule cause au phénomène étudié.
- L'obstacle subjectiviste : attribuer une volonté supposée à la nature (exemple : « le manchot vit au pôle parce qu'il aime le froid »).
- L'obstacle anthropomorphique : consiste à humaniser la nature en lui attribuant des sentiments ou des pensées (exemple : « les plantes aiment qu'on leur parle ». Cet obstacle peut être particulièrement pernicieux car on le retrouve même chez des scientifiques vulgarisateurs, par exemple lorsqu'ils nous parlent de la naissance et la mort d'une étoile, ou du comportement d'une molécule en des termes anthropiques. Les conséquences peuvent être importantes chez les enfants qui auront plus de difficultés à distinguer notamment le vivant du non-vivant).

- L'obstacle substantialiste : consiste à substantialiser un phénomène qui n'en est pas (exemple : « la chaleur monte »).

4.2.2. Propositions

Les analyses de situations de formation (Martinand, 1994 et Martinez, 2014) renvoient à la notion de « **problème fécond** » développée par Morge et Boilevin (2007), c'est-à-dire un problème pouvant conduire à la mise en place de démarches expérimentales ouvertes. Un enjeu de formation serait donc dans le choix et la mise en pratique de problèmes féconds, pour amener le stagiaire à conduire une réflexion épistémologique sur la construction des connaissances scientifiques.

Nous y voyons là l'intérêt de pratiquer en formation le « principe d'isomorphisme », consistant à utiliser les mêmes cadres de démarches en formation puis en classe, pour amener le stagiaire à dépasser ses propres obstacles épistémologiques : « les formés, au terme de leur formation, développeront dans leurs classes les pratiques qui correspondent davantage à ce qu'on a vécu avec eux, qu'à ce qu'on leur a dit de faire » (Develay, 1994). Cela impliquerait que le stagiaire puisse être confronté à des scientifiques, ou du moins à des formateurs scientifiques, qui lui permettront d'entamer cette réflexion d'une part sur son rapport personnel à la science, d'autre part sur les processus d'apprentissage des élèves des connaissances scientifiques, et par là de prendre confiance en ses capacités à mener cette enseignement.

Deux axes de formation se dégagent à ce stade : les **mises en situation**, et les **analyses de situation** :

4.2.2.1. Les mises en situation

« Pour des enseignants et des formateurs d'enseignants, élaborer en groupe des situations difficiles de leur pratique leur permet de partager un rapport vivant au savoir, en activant leur pulsion de recherche et leur capacité à penser leur métier » (Blanchard-Laville, 2013). Les mises en situations pratiquées en formation montrent en effet une libération de la parole, un effet rassurant à partager des craintes et des difficultés, ainsi qu'un effet remotivant chez certains stagiaires qui se décident alors à tenter la mise en œuvre d'une situation préparée en formation. « Si vous comprenez comment vous réagissez dans une situation donnée, et surtout dans une situation de frustration, vous allez avoir un éclairage sur la réaction des élèves dans des situations comparables. C'est cette espèce de va-et-vient entre les positions de l'enseignante ou de l'enseignant en situation de formation, et de l'élève en situation d'apprentissage, qui me paraît importante. Et c'est une manière très intéressante d'explorer son rapport au savoir. C'est un travail sur soi et en même temps c'est un moyen de se sensibiliser sur les processus de l'autre » (Mosconi, 2010).

4.2.2.2. Les analyses de pratique

« L'introduction de l'analyse des pratiques dans la formation initiale des enseignantes et des enseignants était un excellent outil de formation. Le groupe de pairs en formation, porteur et contenant, avec un animateur formé, dans lequel, il n'y a pas d'évaluation institutionnelle, est vraiment aidant pour les nouveaux enseignants » (Mosconi, 2010). Cet axe est une piste que je souhaiterais approfondir en formation, elle nécessite du temps qui est malheureusement compté, mais contribue positivement à l'amélioration du rapport personnel aux sciences : en début d'année scolaire j'ai demandé aux stagiaires de s'exprimer à tour de rôle sur leur pratique en classe. Il en est ressorti que plus le stagiaire avait un niveau élevé en sciences, moins il s'inquiétait des modalités de son enseignement. A cette période de l'année ils n'avaient pas encore préparé et testé plus d'une séquence de sciences, mais leur confiance en leurs capacités didactiques allait étonnamment de pair avec leurs connaissances scientifiques : comme si la didactique suivait naturellement le savoir. On peut voir ici qu'un rapport personnel au savoir scientifique non-traumatique a une grande influence sur la confiance en soi. L'inconvénient de cette attitude confiante était la pauvreté didactique des séquences décrites, mais ce n'est pas un objectif principal en début de période de stage (voir les étapes de développement professionnel en stage de Saujat, 2015). A l'inverse, les stagiaires ayant un profil non-scientifique s'inquiétaient beaucoup de leurs capacités à mener cet enseignement : leur rapport personnel aux sciences, souvent plus traumatique, éclipsait leurs connaissances didactiques, dont je pouvais pourtant me porter garant, ayant souvent été moi-même leur formateur en première année de master. Une courte analyse de pratique a permis de faire ré-émerger les principes didactiques acquis en première année, pour remettre en confiance ces stagiaires dans leur capacité à préparer leurs cours.

Une deuxième inquiétude apparaît alors chez ce profil de stagiaire : l'angoisse de sa non-légitimité devant les élèves. J'interprète ce sentiment par un transfert symbolique au sens lacanien : le stagiaire reste inconsciemment dupé par sa représentation du maître comme la personne disposant du savoir, il ne peut donc pas s'imaginer endosser cette fonction sans disposer lui-même de tout ce savoir. En effet, « le rapport au savoir qu'un enseignant choisit d'enseigner se tisse tout au long de son histoire psychique et se sédimente au cours du processus identificatoire qui le fait passer de son soi-élève à son soi-enseignant » (Blanchard-Laville, 2013). Il me semble que cette difficulté est à rapprocher de la problématique du niveau de maîtrise de la discipline pour laquelle nous avons évoqué des pistes dans la partie sur la transposition didactique.

4.3. Observations et perspectives

4.3.1. Méthodologie de mise en place de l'expérimentation

Mon terrain d'expérimentation est donc la formation initiale de professeurs des écoles, dans le domaine des sciences physiques et technologiques, lors de leurs deux années de master *Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation* à l'INSPE de l'académie de Limoges sur le site de Tulle. Les différents contenus de la formation consistent à :

- Assurer 16h de cours de didactique des sciences en année M1 (avant le concours) avec pour objectifs une remise à niveau des notions scientifiques présentes dans les programmes scolaires et une initiation à la didactique.
- Assurer le suivi et la préparation des étudiants de M1 qui choisissent les sciences à l'oral de leur concours, en les accompagnant dans la construction d'un dossier présentant une séquence pédagogique.
- Assurer 12h de cours de didactique des sciences en année M2 (professeurs stagiaires) avec pour objectif l'appropriation d'une pratique professionnelle.
- Assurer le suivi, l'accompagnement et l'évaluation des travaux des stagiaires (projets interdisciplinaires, articles, écrits réflexifs, mémoires...) qui choisissent un sujet correspondant à mon domaine de compétences.
- Etre tuteur de quelques stagiaires pour les accompagner sur leur terrain de stage en écoles.

Chacun de ces aspects a nourri l'expérimentation par une réflexion personnelle, qui a contribué à ce travail, cependant la majeure partie des actions de formation ont eu lieu au 1^{er} semestre de l'année 2019-2020, avant que les principaux concepts du master de pratiques et ingénierie de la formation ne nous soient enseignés. Les circonstances exceptionnelles du 2^{ème} semestre ont écourté l'expérimentation et m'ont donc amené à une réflexion plus *a posteriori*.

4.3.2. Objectifs de l'expérimentation

Les objectifs sont de tester les hypothèses de notre problématique, à savoir : dégager quelles pratiques de formation seraient les plus à même d'améliorer sa propre transposition didactique, et ainsi permettre de mieux enseigner sans être expert de la discipline. Et quelles pratiques de formation peuvent améliorer son rapport personnel aux sciences, et ainsi permettre de retrouver une confiance en soi pour mieux les enseigner.

Pour cela j'ai interrogé ma propre pratique de formation et expérimenté des pistes, en essayant, sous l'angle des concepts théoriques retenus, de « penser la formation comme un problème de recherche » (Martinand, 1994).

4.3.3. Méthodologie de recueil des données au cours de l'expérimentation

J'ai recueilli des données qualitatives tout au long de l'année de formation selon différentes modalités :

- Observations en cours d'action de formation : réactions aux activités proposées, adhésion ou non, attitudes d'entrée dans la réflexion, d'échange et de communication entre pairs et avec moi.
- Echanges organisés en formation : interrogations, prise de paroles, témoignages lors des analyses de pratique.
- Observations en terrain de stage : visites en classe, observations des pratiques et de leur évolution tout au long de l'année scolaire.
- Entretiens de visites de stages : réactions, ressentis, auto-analyse des stagiaires.
- Etude d'écrits réflexifs : devoirs, articles ou mémoires de stagiaires.

J'avais ensuite envisagé des entretiens supplémentaires spécifiquement axés sur ma problématique mais je n'ai pas pu les réaliser du fait de la situation sanitaire.

Variables identifiées :

- Evolution du rapport à la discipline : motivation, estime de soi, niveau de satisfaction en formation et en stage.
- Evolution de la transposition didactique : conception et réalisation de l'enseignement.

Observables identifiés :

L'attitude des stagiaires pendant la formation permet de recueillir leurs conceptions et leur relation personnelle à la discipline, cela passe par exemple par un comportement d'écoute ou non, la qualité de la participation orale, la participation aux activités (volontarisme, intérêt, mais aussi leur réaction face à un problème scientifique, face à l'erreur, face à une situation nouvelle

ou déstabilisante). On peut observer des comportements de désintérêt comme l'utilisation du téléphone pendant les séances, de l'ordinateur pour une autre utilisation que la prise de cours, etc... Les retours des stagiaires sur leurs pratiques (positifs ou négatifs, demandes d'aide, réflexivité), leur discours vis-à-vis de la discipline, de l'enseignement de celle-ci, les *feed-back* oraux après une séance de formation (ressentis positifs ou négatifs, besoins exprimés) sont aussi des observables permettant de déceler les difficultés ou les progressions face aux variables. En stage on observe aussi la pratique dans toutes ses dimensions (choix didactiques, pédagogiques, posture professionnelle, etc...), cependant vu le faible horaire consacré aux sciences en classe il est difficile d'observer beaucoup de séances. Pour cela j'avais envisagé et obtenu l'autorisation de l'inspection (sans pouvoir le mettre en œuvre cette année) de faire d'autres visites en classe, ciblées sur l'observations de séances de sciences. L'entretien de visite est aussi l'occasion d'interroger le stagiaire sur sa pratique et sa conception de l'enseignement, mais là aussi les contraintes horaires limitent le recueil et c'est pour cette raison que j'envisageais de faire aussi des entretiens dédiés.

Pendant les visites et les entretiens le recueil de données se fait par prises de notes. Pour les actions de formations j'observais ces indicateurs plus empiriquement avant de procéder à des ajustements, des évolutions ou des changements, mais là aussi une prise de notes pendant la formation ou juste après les séances serait plus rigoureuse.

4.3.4. Méthodologie d'analyse des données recueillies

J'ai mis en perspective chaque élément de formation proposé avec les concepts et notions théoriques que j'ai développé ici, j'ai ensuite évalué chacun face à mes indicateurs : est-ce que cet élément a eu un intérêt pour les stagiaires, soit pour améliorer le rapport personnel aux sciences, soit en vue d'une transposition didactique dans leur enseignement ?

Pour cela j'ai procédé par analyse des discours des stagiaires, par repérage d'expressions révélatrices du rapport personnel du stagiaire, telles que : « *je suis nul-le en maths/sciences/physique...* », « *je n'ai jamais beaucoup aimé...* », « *je ne suis pas scientifique* », « *je n'ai pas fait d'études scientifiques* », « *je n'ai pas beaucoup de temps pour...* », « *je n'ai pas de matériel dans mon école pour ...* », « *et si les élèves me posent des questions ?...* », « *je ne saurai pas répondre si ...* », « *je ne suis pas à l'aise pour...* ».

On peut identifier des effets ou des évolutions par des expressions du type : « *j'ai réussi à...* », « *j'ai fait une démarche scientifique/d'investigation/expérimentale...* », « *les élèves ont aimé* » « *les élèves ont bien accroché/travaillé...* », « *je me suis senti plus à l'aise pour...* »

Les données recueillies dans l'action ou pour l'action (réalisations effectives : conceptions de séances de sciences, préparations de cours, mise en œuvre en classe) sont analysées selon

les critères de qualité pédagogiques et didactiques, pour en dégager l'engagement du stagiaire dans son développement personnel, sa compréhension et sa mise en œuvre des notions vues en formation, ainsi que selon les critères comportementaux indiqués (posture et discours).

4.3.5. Résultats de l'analyse

4.3.5.1. Amélioration de la transposition didactique

J'ai expérimenté plusieurs actions de formation sur les processus de démarche d'investigation, chaque étape n'est pas systématiquement présente et des allers-retours sont possibles. Le processus ci-dessous n'est donc qu'un exemple sur lequel nous nous appuyons en formation à l'INSPE de l'académie de Limoges :

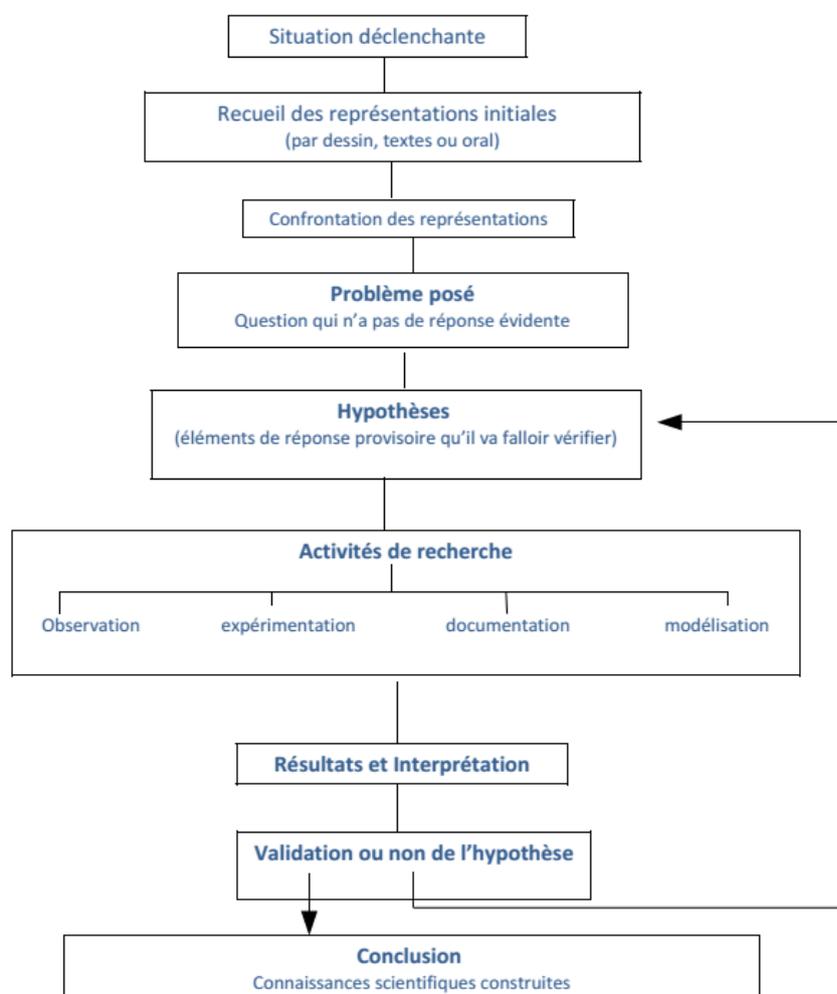


Figure 10 Etapes d'une démarche d'investigation

1. **La situation déclenchante** est la situation de départ qui déclenchera la curiosité de l'élève. Par un principe appelé « dévolution » on amène l'élève à s'appropriier le problème sur lequel on veut le faire travailler.

2. **Le recueil des conceptions** permet d'adapter la suite de la séquence pour prendre en compte ces obstacles et les surmonter. Les échanges entre élèves lors de cette phase les amènent déjà sur le terrain du débat et de la prise en compte d'autres idées que les leurs.
3. **L'énoncé du problème**, qui doit être formulé de manière compréhensible par chaque élève.
4. **Les hypothèses** : elles peuvent par exemple être formulées à l'écrit individuellement puis communiquées au groupe pour sélectionner celles qui vont être testées.
5. **L'investigation** en elle-même, sous forme de recherches, d'observation, d'expérimentations ou de modélisations. Les élèves élaborent des protocoles, ils peuvent mener des débats au sein du groupe, demander du matériel et tester leurs hypothèses.
6. **Les résultats et leur interprétation** : exploitation des données obtenues et mise en commun.
7. **La validation** : confrontation des résultats avec les hypothèses. Si elles ne sont pas validées, les travaux menés amènent souvent à en émettre d'autres par un retour à l'expérience si nécessaire.
8. **La conclusion** : c'est la mise en évidence de nouveaux éléments de connaissance, sous la forme d'une synthèse validée par le savoir institutionnel. Elle ouvre la voie à différents prolongements pour opérationnaliser ces nouvelles compétences, les réinvestir dans des contextes différents, les évaluer, etc...

Les étudiants puis les stagiaires découvrent, puis « vivent » en formation, différentes situations d'investigation, portant notamment sur les thématiques scolaires d'*Ombres et Lumières* (processus de vision, trajet de la lumière), sur *L'électricité* (des conceptions erronées jusqu'aux lois des circuits), ou sur *La rotondité de la Terre* (étude de textes historiques d'Aristote ou Eratosthène, séance analysée dans la partie suivante).

Avant d'aborder les aspects directement liés au rapport personnel aux sciences, on peut observer dans ces situations la difficulté du stagiaire à transposer les concepts scientifiques sous-jacents à sa séquence, du fait de son manque de maîtrise de ceux-ci. Je pense contourner cet écueil en offrant au stagiaire une plus grande ouverture vers différentes possibilités d'étayage : par exemple nous avons la chance de disposer en Corrèze d'un **centre de ressources technologiques et scientifiques** (CRTS) qui propose aux écoles primaires des séquences de sciences en co-animation avec un enseignant référent. Je comptais intégrer dès cette année cet outil dans la formation des professeurs stagiaires en organisant une

journée au CRTS. De nombreux départements disposent de dispositifs équivalents qui permettent aux enseignants d'envisager leurs séquences de sciences différemment : on peut citer par exemple le dispositif ministériel « **Sciences à l'école** » ou encore les « **Maisons pour la science** » de la fondation *La Main à la Pâte*, qui proposent dans beaucoup d'académies des actions de formation, ou des mises en relation du monde de l'entreprise ou de la recherche avec les enseignants par exemple. « Les actions proposées ont l'ambition de faire évoluer la formation continue des professeurs en introduisant un certain nombre d'éléments innovants et structurants : cela passe par des actions de développement professionnel ancrées sur les sciences et mobilisant largement les laboratoires et les entreprises du territoire lors de leur mise en œuvre. Il s'agit ainsi de tisser des liens durables et féconds entre les extrémités d'une même chaîne allant de la production du savoir à sa transmission en classe sous une forme active et adaptée aux élèves. C'est ainsi que chaque formation est co-construite et coanimée par un scientifique et un pédagogue. Elle comporte des mises en situation d'investigation, des visites de laboratoires, une ouverture aux sciences humaines et sociales, des pistes de transposition en classe et dans la mesure du possible un accompagnement et un suivi des enseignants après la formation. » (Jasmin, 2019) Depuis 2012 les enseignants participants à une action de formation incluant ce type d'interventions en classe, menée dans les *Maisons pour la science*, sont interrogés : « 95 % des enseignants sondés pensent que la participation des scientifiques leur a permis de créer un lien très concret avec la matière enseignée. 92 % des professeurs déclarent avoir acquis de nouvelles connaissances, 86 % se sentent à même de collaborer avec des scientifiques et 85 % se sentent à même de permettre aux élèves de concevoir et de conduire des investigations. »¹⁷ (Jasmin, 2019)

Les stagiaires doivent donc apprendre à mieux identifier les personnes-ressources : un intervenant extérieur permettra facilement de résoudre l'appréhension de l'enseignant non-expert, en réservant toutes les questions difficiles à cette personne, accueillie dans la classe avec généralement beaucoup d'enthousiasme par les élèves. Idéalement, pour les écoles proches d'une université cette personne peut bien-sûr être un chercheur ou un étudiant, mais pour les autres, les dispositifs de **liaison écoles-collèges** offrent la possibilité de mener des projets communs entre un professeur des écoles et un professeur du secondaire qui sera spécialiste de sa discipline. Par exemple, en tant que professeur de physique et chimie en collège j'ai pu vivre cette expérience avec une classe de CM2 d'une école du secteur de mon établissement. La préparation commune des séquences avec le maître puis la co-animation des séances a été particulièrement riche : chaque enseignant apportant ses compétences particulières pour créer une atmosphère étonnamment sereine, en effet cette modalité de

¹⁷ Voir rapports d'évaluation à l'adresse <http://www.maisons-pour-la-science.org/node/1471063>

travail offre la sécurité de pouvoir toujours se reposer sur l'autre dans les domaines où il se sent moins à l'aise.

Dans le même objectif, nous avons mis en place depuis deux ans une séance de formation en partenariat avec le centre **Canopé** sur le thème de la robotique. Cette approche permet non seulement de développer les compétences des stagiaires sur des thématiques comme l'algorithmique ou la démarche technologique, mais surtout de se familiariser avec les ressources qu'offrent les centres Canopé, tant sur le plan pédagogique que matériel. Les stagiaires ont très bien adhéré à ce type d'approche : ils ont apprécié qu'elle leur apporte à la fois des ouvertures vers des pratiques innovantes, aisément transposables en classe puisque tous les aspects pratiques sont pris en charge, et à la fois des modalités de travail différentes qui leurs sont apparues plus intéressantes (on peut y voir ici une amélioration de leur rapport personnel aux sciences, grâce à une image plus moderne véhiculée par des contenus hautement technologiques). Ce fut aussi l'occasion de leur montrer une co-animation avec une personne ressource, permettant de se projeter eux-mêmes dans ce type de pratique : le retour des stagiaires met en évidence l'intérêt de cette « situation modélisante » exprimée par le fait de réaliser que « c'est possible ».

4.3.5.2. Amélioration du rapport personnel aux sciences

4.3.5.2.1. Des cours théoriques ?

Le niveau scientifique très hétérogène, et parfois très lacunaire, des étudiants de première année oblige à une formation de remise à niveau sur les différentes notions scientifiques abordées dans les quatre premiers cycles de la scolarité. Je me suis rapidement confronté au problème de ne pas reproduire un éventuel « rapport traumatique » aux sciences, et donc de proposer un enseignement plus rassurant. La question de l'évaluation diagnostique est un exemple typique : elle paraît nécessaire pour établir un point de départ adapté au public formé, mais fait apparaître chez les étudiants les moins à l'aise un sentiment d'échec dès le départ de la formation, délétère pour la suite. Nous avons donc réfléchi avec mes collègues à la meilleure modalité d'évaluation, et mis en place un quizz sur smartphone lors de la première séance de formation. Cependant même sous cette forme innovante, les retours des étudiants ne montrent pas une plus grande motivation pour combler leurs lacunes, et le bénéfice d'une telle activité face à cet inconvénient se pose toujours : après quelques années de recul il semble qu'un début de formation plus encourageant soit à privilégier, en ne mettant pas l'étudiant en situation d'échec par une évaluation trop précoce. Dans la suite des cours sur les notions scientifiques, on retrouve les mêmes ressorts de motivation que pour un public plus jeune : à savoir le recours le plus souvent possible à la manipulation et à l'investigation, et surtout une imbrication avec la didactique pour mettre en perspective l'application des notions

à leur enseignement. Ainsi, les concepts scientifiques nécessaires à maîtriser se justifient par leurs applications dans les programmes scolaires. Il s'agit en fait de retrouver le plaisir enfantin à faire des sciences, et par suite à les enseigner aux enfants. La difficulté principale devient alors la gestion du temps : l'horaire imparti à cette formation initiale (16h) permet très difficilement de mettre en œuvre des travaux pratiques et des démarches vécues puis analysées. Cependant, dès la deuxième séance la formation s'articule donc entre notions théoriques, mises en situation et analyses de pratique :

4.3.5.2.2. Etude d'une mise en situation

Une des *mises en situation* animée en année de stage portait sur le thème de la rotondité de la Terre et de la propagation de la lumière. Cette séance propose aux stagiaires de vivre une séquence de sciences en cycle 3. Les situations déclenchantes pour mener des investigations sont basées sur des documents historiques: on propose dans un premier temps aux stagiaires un texte décrivant la méthode de mesure de la circonférence du globe Terrestre d'Eratosthène¹⁸. Il s'agit d'une activité classique de lycée dont l'objectif est initialement de recalculer la circonférence de la Terre par trigonométrie, mais ici la problématique est différente : nous allons chercher à comprendre *pourquoi un gnomon planté à Alexandrie produit une ombre au moment même où un autre planté à Syène n'en produit pas ?* (Simplification de la situation réelle, adaptée à un niveau de cycle 3). On demande aux stagiaires de schématiser une hypothèse sur une affiche au format A3: les figures suivantes montrent quelques exemples de productions :

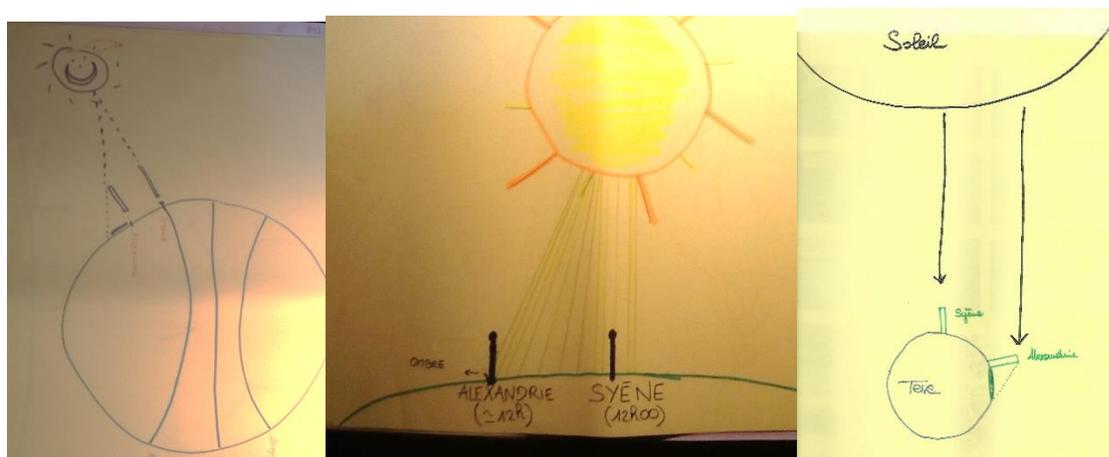


Figure 11 Schémas d'hypothèses sur les observations d'Eratosthène

Une des hypothèses proposées consiste à tracer des rayons solaires divergents : dans ce cas on constate qu'il n'y a aucune nécessité que la Terre soit ronde, elle peut tout à fait être plate et le soleil suffisamment proche pour que cette configuration soit physiquement plausible. On

¹⁸ Voir les documents de cette séance en annexe.

fait ici émerger une conception erronée classique, renforcée par une illusion d'optique qui fait partie du vécu de la plupart des gens (voir figure suivante) :



Figure 12 Rayons solaires en perspective

En réalité les rayons solaires sont pratiquement parallèles du fait de la très grande distance Terre-soleil (environ 150 millions de km), il est donc impossible d'expliquer le phénomène des ombres ainsi, mais ce fait scientifique n'est pas apporté à ce moment-là de l'activité. Il semble plus important, à ce stade, de faire un focus didactique pour amorcer une analyse réflexive et faire prendre conscience aux stagiaires de ce qu'il se passe : l'émission d'hypothèse pour répondre à la problématique a fait émerger des conceptions différentes, et leur rôle d'enseignant conduisant cette séquence sera alors de trouver comment faire contourner cet obstacle par leurs élèves.

Une autre hypothèse proposée consiste à tracer des ombres qui ne suivent pas la trajectoire rectiligne de la lumière : là aussi apparaît une conception erronée de la propagation de la lumière qui devra être mise à l'épreuve de l'expérience pour être déconstruite.

L'étape suivante consiste à proposer aux stagiaires de modéliser la situation d'observation d'Eratosthène à l'aide d'une carte d'Egypte et de deux pointes représentant les gnomons. Après un temps de tâtonnement on constate qu'il est impossible d'avoir une pointe produisant une ombre lorsque l'autre n'en produit pas. Les stagiaires vivent alors ce que l'on cherche à produire chez les élèves, à savoir un conflit socio-cognitif aboutissant au changement inconscient de conception : sans que le formateur (ou l'enseignant) soit intervenu, les apprenants intègrent que les rayons solaires arrivent parallèlement sur la carte, et que les ombres formées sont dans le prolongement de ceux-ci. Voir figure suivante :

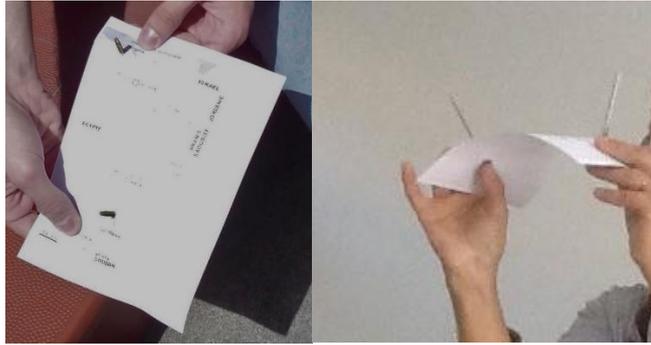


Figure 13 Carte et ombres des gnomons éclairés par le soleil

L'investigation aboutit rapidement à la solution au problème : courber la carte et une seule ombre apparaît ! La carte modélisant la surface de la Terre, on en conclut que celle-ci est courbe. Il peut être intéressant de revenir sur la conception des rayons divergents en présentant la théorie d'Anaxagore, qui conclut que la distance Terre-Soleil est de l'ordre de 6000km. L'épistémologie a permis ici une évolution du rapport personnel aux sciences par l'étude de cette « erreur » historique, en montrant que cela fait partie de la démarche et de la construction normale du savoir scientifique.

4.3.5.2.3. Etude d'analyses de pratique

J'ai mené plusieurs activités différentes qui se rapprochent de *l'analyses de pratique* :

Dans le 1^{er} cas lors des cours de 1^{ère} année, je consacre une ou deux séances à l'analyse d'une situation de classe. Comme les étudiants n'ont pas encore enseigné je leur propose une situation filmée dans la classe d'un maître-formateur. Mon objectif est alors descriptif : je cherche à montrer une pratique « modélisante », qui sera le support de la didactique enseignée en cours. On pourrait situer cet objectif dans la catégorie des « savoirs-connaissances utilisés par l'animateur » (Wittorski, 2004), c'est-à-dire ayant une « fonction de prescription : il s'agit de proposer aux participants de réfléchir à la façon dont ils peuvent transférer leurs pratiques des contenus issus de la didactique ou de la pédagogie qui leur sont proposés », avec « une intention de construction des contours d'une profession », mais aussi bien-sûr celle de « formation de futurs professionnels dans le cadre d'une logique de formation initiale ». Il y a une « valeur illustrative » sur les « connaissances d'action » ou des « connaissances sur l'action ». La méthodologie que j'emploie consiste simplement à présenter la situation après les apports didactiques théoriques, puis à demander aux étudiants d'identifier ces notions théoriques dans la pratique du maître, d'abord sous forme écrite et individuelle, ensuite par un échange entre les participants. J'ai choisi ce protocole assez empiriquement car je voyais souvent, en formation initiale d'enseignants, des analyses axées sur la critique d'une pratique plus ou moins défailante, et je me suis toujours demandé

pourquoi on montrait à des débutants ce qu'il ne fallait pas faire, avant de leur montrer « ce qui marche »...

Mon expérience de cette activité sur quelques années montre que les échanges restent souvent limités et assez « scolaires », c'est-à-dire avec peu de réflexivité : les étudiants ne se projettent pas encore dans la fonction d'enseignant et ont beaucoup de mal à discuter avec recul sur les modalités pédagogiques ou didactiques d'une pratique. Je ressens en fait une translation de mes objectifs : les focus que je leur demande d'observer (par exemples la posture du maître, le rôle des différents écrits, le repérage des différentes étapes de la démarche suivie dans la séance, etc...) ne sont pas spontanément les leurs : ils se positionnent sur d'autres observables tels que les réactions des élèves, comme s'ils s'identifiaient encore à eux, tout en cherchant petit à petit à franchir la barrière pour passer de l'autre côté. Pour dépasser cette phase sûrement nécessaire de leur développement (pré)professionnel, il faudrait de toute évidence consacrer un temps bien plus long à cette activité, afin d'amener les participants à une véritable analyse, et cela doit peut-être aussi passer par l'étude de plusieurs situations, qui serviraient de support à une « co-construction » telle que la décrivent Clerc et Agogué, des notions didactiques vers lesquelles je souhaite les amener (Clerc & Agogué, 2014).

Dans un 2^{ème} cas, j'ai tenté cette année quelques semaines après la rentrée scolaire, lors de la première séance de formation des professeurs stagiaires, de demander à chacun d'évoquer oralement devant le reste du groupe une situation de classe sur leur enseignement des sciences. Pour ceux qui n'en avaient pas encore fait, je demandais d'exprimer leur état d'esprit pour aborder cet enseignement. Ici j'ai clairement « une intention d'aide et de soutien des professionnels en vue de surmonter les difficultés quotidiennes rencontrées au travail » selon la terminologie de Wittorski. Mon objectif était de faire émerger leurs conceptions sur cet enseignement et ainsi de mieux percevoir leur rapport personnel aux sciences. J'avais donc conçu cette séance en prévoyant une brève présentation, suivi du temps d'expression des stagiaires que j'imaginai comme un « tour de table », sans avoir donné de consignes particulières au niveau de l'écoute ou de la prise de parole des autres stagiaires. Ensuite j'avais prévu un temps d'échange sur les difficultés qui auraient émergées dans les témoignages, avant de finir par un apport des notions de didactiques pouvant apporter des outils face aux difficultés exprimées.

Dans les faits, les stagiaires ont visiblement beaucoup apprécié que la formation commence par leur laisser la parole, j'ai senti un réel besoin de s'exprimer sur leur vécu, forcément intense, après cette première rentrée en responsabilité. Comme prévu certains ont raconté leur difficultés face à l'enseignement des sciences dans leur classe. J'ai été étonné de leur spontanéité, certains n'hésitent pas à décrire des « échecs », en tout cas plus facilement que

ne le feraient des professionnels confirmés : ils semblent avoir intégré le droit à se tromper et à le dire, du moins dans le cadre de la formation. Ils sont alors très demandeurs de solutions et il est difficile pour moi de rester dans une posture d'écoute en ne donnant pas immédiatement de réponses toutes faites. J'essaie d'appliquer une « *écoute active* » mais je n'en ai que quelques notions apportées par mes propres formations et je ne parviens pas toujours à « différer » mes interprétations. Par contre, des interventions de la part des autres stagiaires sont venues ponctuer celles de leur collègue exposant, je ne l'avais pas anticipé mais j'ai laissé faire en veillant au fait qu'elles restent respectueuses et sans jugement. Je n'ai pas eu de problème sur ce plan-là, mais peut-être aurais-je eu des difficultés à le gérer si cela c'était produit. D'après le processus proposé par Clerc & Agogué cela correspond à la première phase, au cours de laquelle l'animateur doit veiller au « respect de la parole d'autrui, non-jugement, non-évaluation, neutralité bienveillante », mais sans les mêmes conditions d'écoute puisque j'ai laissé d'autres stagiaires réagir sur le moment. Par la suite une des situations exposées s'est spontanément révélée intéressante (peut-être parce que la stagiaire qui l'a présentée était plus à l'aise pour s'exprimer), et nous avons passé plus de temps à « *l'analyser* ». Cela correspond à la 2^{ème} phase où le choix d'une situation doit se faire sur des critères explicites, ici cela s'est fait totalement empiriquement et spontanément. Lors des phases suivantes l'exposante a détaillé sa situation et des stagiaires lui ont posé des questions, mais là non plus je n'ai pas posé de cadre pour permettre d'éviter des « premières interprétations subjectives » et pouvoir passer aux « hypothèses interprétatives ». De ce fait il n'y a pas eu de réel travail de fond, et rapidement les stagiaires ont simplement réinvesti leurs connaissances didactiques issus de leurs cours de 1^{ère} année, pour proposer des modifications à la situation exposée. Il manque l'aspect de « co-construction » des outils didactiques qu'une réelle analyse aurait pu permettre, et ainsi les rendre bien plus légitimes.

Dans chaque cas une difficulté majeure se dégage de ma réflexion, celle de la durée du processus : « au moins 6 séances » de 1h30 pour Clerc & Agogué, d'autres auteurs évoquent aussi des temps longs, correspondant pratiquement à la totalité de l'horaire annuel dont je dispose ! (Robo, 2013) Par ailleurs l'analyse de pratiques ne remplirait qu'une fraction de tous les objectifs de la formation que je dois mener. Sans éluder les multiples autres difficultés (comme le fait de ne pas me sentir moi-même suffisamment formé pour animer cela convenablement), je m'interroge donc sur la recherche de solutions pour rendre cette pratique possible efficacement dans le cadre institutionnel, peut-être par le biais d'une mutualisation d'horaires.

C. Blanchard-Laville (2013) montre « qu'il y a un travail psychique à faire sur notre propre rapport au savoir lorsque nous devenons ou que nous sommes enseignants et que celui-ci devrait s'effectuer dans les temps de formation, particulièrement en pré-professionnalisation

et en formation initiale mais surtout en formation continue ; sous peine que si ce travail psychique n'est pas effectué il soit transporté dans nos espaces d'enseignement et se retrouve à la charge de nos enseignants. »

Concrètement N. Mosconi propose ainsi « de faire écrire les personnes sur l'histoire de leur rapport au savoir, leur faire rédiger une sorte de biographie de savoir(s). C'est un travail réflexif d'élaboration nécessaire pour devenir formateur ou enseignant. » Ce travail, pour l'avoir fait sur moi-même dans le cadre d'une UE d'approche socio-clinique de la pratique du master dont fait l'objet ce mémoire, est effectivement d'une grande efficacité pour comprendre de multiples aspects de sa pratique, notamment celui de ses interactions avec les élèves. C'est un outil de formation qui serait sûrement très utile dans le cas de la formation initiale des enseignants du primaire.

4.3.5.2.4. Etude sur le suivi de stages

Le tutorat permet de revenir sur des situations professionnelles (observées dans le cadre de visites, ou racontées au tuteur), sans contrainte de temps. Patrick Robo évoque la possibilité d'une analyse de pratiques à deux (Robo, 2013), donc possible dans le cadre de la relation stagiaire-tuteur, tels que décrits dans les protocoles d'analyse de pratiques et ceux des entretiens de tutorat proposés par exemple par Luc Ria ou Sébastien Chaliès¹⁹. Je suis chargé du suivi de deux à trois stagiaires sur une année, ce qui permet un approfondissement au travers des visites en classe et des entretiens, permettant une meilleure analyse des pratiques observées. Les stagiaires n'ont pas toujours la responsabilité de l'enseignement des sciences dans leur classe, mais lorsque c'est le cas nous pouvons co-construire sur la durée une véritable progression : l'étayage didactique que je peux alors mettre en place en amont permet au stagiaire de tester des séquences pédagogiques en toute confiance, et l'analyse que nous pouvons en faire en aval lui permet de se projeter sereinement sur les séquences suivantes. Ces observations mettent en évidence l'importance des facteurs temps et accompagnement par un pair plus aguerri.

Je trouverais donc aussi très intéressant d'avoir les moyens (tant sur le plan horaire que sur le plan du savoir-faire), de mettre en œuvre une véritable analyse de pratiques avec tout le groupe de stagiaires, dans l'objectif d'atteindre une réflexivité et un développement personnel sur l'enseignement des sciences.

J'ai aussi pu suivre cette année plusieurs stagiaires au cours de différents travaux, articles, ou mémoires portant sur l'enseignement des sciences. Bien que n'ayant généralement pas de

¹⁹ Interventions de L. Ria et S. Chaliès sur le tutorat, formation au Caffa session 2017, ESPE de l'académie de Limoges.

formation scientifique ceux-ci ont souhaité interroger plus avant leur pratique, en rédigeant un écrit réflexif. Dans chaque cas on peut observer une évolution de leur rapport personnel aux sciences qui, par cette analyse, aboutit à une remise en confiance ouvrant la voie à un enseignement de plus grande qualité :

- S. a fait un mémoire sur la conceptualisation en électricité dans une classe de CM1 : *« Je retiendrai en particulier, pour en avoir mesuré les effets sur l'évolution des conceptions de mes élèves, que la confrontation des points de vue (entre élèves et avec le maître) et le guidage spécifique des élèves permettent une meilleure appropriation des concepts. Le rôle et la posture d'accompagnement de l'enseignant dans ce cadre sont primordiaux. La mise en œuvre de ces gestes professionnels est toutefois un exercice exigeant et difficile. [...] Il me semble également évident qu'encourager les élèves à mettre à l'épreuve leurs idées à travers la conception des expériences leur permet de s'approprier pleinement les concepts scientifiques, tant le fait d'être véritablement acteurs de leurs apprentissages peut constituer une puissante source de motivation. »*
- M. a écrit un article sur l'utilisation du dessin comme moyen d'expression en science en cycle 2, elle constate tout d'abord que *« les élèves ne repoussent par l'étude des sciences comme pourraient le faire leurs parents ou même leurs enseignants qui ont parfois un mauvais souvenir de leur propre apprentissage des sciences. Il est donc fondamental de ne pas provoquer d'aversion pour les sciences en veillant à ne pas placer les élèves dans des situations d'enseignement inadaptées conduisant à un sentiment d'échec. »* Par la suite elle a mis en pratique une analyse de dessins d'élèves en électricité pour recueillir leurs représentations et rend compte que *« le recueil des conceptions des élèves, initiales ou en cours d'apprentissage, semble être riche en enseignements pour le professeur et donc très utile à mettre en œuvre. »* Elle constate à présent que les élèves sont *« souvent très désireux de participer et de s'exprimer »* et a trouvé avec le dessin un moyen de transposition didactique contournant des difficultés, comme le passage à l'écrit et l'aspect chronophage induit dans les petites classes.

- P. n'était pas du tout à l'aise avec les sciences en première année, elle a cependant mené en stage une démarche d'investigation sur le système solaire avec ses CM1-CM2. Dans son compte-rendu pour un écrit réflexif elle note : « *La séquence que je viens de présenter a satisfait mes attentes. Les élèves se sont sentis concernés tout au long des séances. Ils ont beaucoup participé. Les divers recueils de représentations initiales ont donné naissance à des débats très intéressants.* » Elle a rapidement perçu l'intérêt des phases de recherche et d'expérimentation en autonomie pour améliorer sa gestion de classe, et s'est même lancée quelques mois plus tard dans un projet sciences portant sur la fabrication complète d'un jeu électrique.

Dans ces travaux on constate souvent une dimension transdisciplinaire facilitant la pratique des sciences en classe : en les rattachant à d'autres disciplines relativement aisément (les mathématiques, le français, les arts visuels...) les étudiants et stagiaires « légitiment » une action qu'ils ne se seraient peut-être pas autorisés à mener sinon. En effet les pressions sont fortes du fait d'une gestion contrainte du temps consacré à chaque discipline, et d'injonctions pour se recentrer sur les « fondamentaux » tels le français et les mathématiques. En associant l'enseignement scientifique aux autres disciplines les avantages en terme de gain de temps facilitent sa mise en œuvre effective, mais on observe aussi qu'il permet à l'enseignant de convoquer d'autres savoirs pour lesquels son rapport sera plus positif. Cette tendance doit être encouragée dans le sens qu'elle replace les sciences sur un plan qu'elle ne parvient pas toujours à occuper, celui de la culture : à travers l'enseignement des sciences Charpak proposait de « faire de l'enfant un être de culture » (Jasmin, 2019). A l'école primaire un des objectifs principaux est ainsi de « donner aux enfants un esprit de rigueur, une intelligence nourrie par un constant questionnement et par le démêlement de ce qui est vrai et de ce qui est faux, enfin une pensée qui puisse s'exprimer dans une langue bien maîtrisée, conscient qu'il était du lien très fort qui existe entre la science et le langage. »

Ces quelques observations, sans constituer des données quantifiables, montrent cependant que le rapport personnel aux sciences peut s'améliorer chez l'enseignant débutant, et le mener à une meilleure pratique des sciences dans sa classe.

Conclusion

Ce travail devait interroger la formation initiale en sciences des enseignants du primaire. Nous avons vu que les apports d'un enseignement précoce des sciences à l'école sont établis internationalement et ont de multiples dimensions, telles qu'un meilleur développement cognitif dans les champs de la réflexivité et du raisonnement, une meilleure préparation aux enjeux sociétaux futurs, un meilleur discernement face aux croyances, une dimension culturelle et une pratique langagière plus étendue, etc...

Face à cela nous avons posé l'hypothèse du rapport personnel aux sciences d'une partie des enseignants débutants : de par leur propre histoire, nous avons vu qu'il peut entraver significativement leur pratique professionnelle, avec des conséquences que l'on ne doit pas négliger. Les effets dans les études internationales sur le niveau en science des écoliers français et sur les pratiques enseignantes sont déjà visibles. Les études faites sur le terrain confirment les appréhensions des débutants.

La conception de la formation initiale et continue doit donc nécessairement tenir compte de cet état des lieux. Le présent travail a permis de dégager quelques pistes d'amélioration du rapport personnel aux sciences du professeur des écoles :

- Favoriser l'utilisation d'outils de transposition didactique tels que l'investigation, par l'élaboration de mises en situations fécondes, de modalités de travail différentes, en équipe et en favorisant la communication.
- Recourir à l'épistémologie des sciences pour faire évoluer le statut de l'erreur de l'enseignant débutant vers une plus grande prise de confiance.
- Favoriser l'identification et l'utilisation des personnes-ressources et des dispositifs d'accompagnement innovants, l'ouverture transdisciplinaire et la prise en compte de la dimension culturelle des sciences, leviers pour élargir le champ des possibles du débutant.
- Procéder à des analyses de pratique approfondies en formation, lui permettant de verbaliser ses difficultés, et entamer un travail réflexif et psychique sur son propre rapport au savoir en vue de sa transmission.
- Assurer un suivi de stage progressif et un tutorat modélisant, dans l'objectif de faire construire au stagiaire des pratiques pédagogiques à double fonctionnalité : didactique et facilitatrice de la gestion de classe, telle que la pédagogie explicite.

La formation doit donc se concevoir comme un cheminement réflexif, un véritable développement professionnel, impliquant du temps et un encadrement solide, pour que les sciences prennent toute leur place dans l'éducation de nos enfants.

Références bibliographiques

- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris: Retz.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Blanchard-Laville, C. (2013). Du rapport au savoir des enseignants. (PUF, Éd.) *Journal de la psychanalyse de l'enfant*(3), pp. 123-154.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. De Boeck.
- Charpak, G. e. (1994). *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*. Paris: Flammarion.
- Clerc, N., & Agogué, M. (2014, mars). Analyse réflexive de pratique et développement de nouvelles compétences. *Revue Recherche en soins infirmiers*(118), pp. 7-16.
- De Vecchi, G., & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que "ça marche ?"*. Paris: Delagrave.
- Develay, M. (1994). *Peut-on former les enseignants ?* Paris: ESF.
- Giordan, A. (1999). *Un didactique pour les sciences expérimentales*. Paris: Belin.
- IEA. (2015). *TIMSS 2015 International Results in Science*. Boston: Boston College.
- Jasmin, D. (2019). La formation en science des professeurs des écoles primaires: l'expérience de La Main à la Pâte. *Raison présente*(210), pp. 17-24.
- Marlot, C. (2009). Glissement de jeux d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP. *ASTER*(49).
- Martinand, J.-L. (1994). La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants. *ASTER*(19).
- Martinez, L. (2014). Le rebond de balle: analyse d'une formation d'enseignants du primaire vers la construction de problèmes scientifiques. *Cahiers du LDAR*(9).
- MEN. (2012, Janvier 5). BO n°1. *BOEN*.
- MEN. (2015). BO spécial 26 novembre Programmes des cycles 2, 3 et 4. *BOEN*(11).
- MEN. (2015). Programmes de l'école maternelle. *BOEN*.
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie*. SCEREN.
- Mosconi, N. (2010). Les approches cliniques du processus enseigner-apprendre. *Recherche et Formation*(63), pp. 117-118.
- Robo, P. (2013). Développer le « savoir analyser » pour analyser sa pratique professionnelle. *Revue de l'analyse de pratiques professionnelles*, pp. 1-10.
- Saltiel, E., Worth, K., & Duque, M. (2009). *L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation*. Paris: Pollen - La main à la pâte.
- Saujat, F. (2015). Le pouvoir d'agir des enseignants débutants à l'épreuve des classes difficiles . *Conférences de l'ESPE*. Limoges.

Thouin, M. (2009). *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire*. Québec: MultiMondes.

Wittorski, R. (2004). Les rapports théorie-pratique dans la conduite des dispositifs d'analyse de pratique. *Education permanente*(160), pp. 61-70.

Annexes

Annexe 1. TIMSS 2015 : question portant sur les aimants	57
Annexe 2. Questionnaire aux enseignants néotitulaires (Corrèze, janvier 2017)	58
Annexe 3. Documents de formation « La rotondité de la Terre »	61

Annexe 1. TIMSS 2015 : question portant sur les aimants

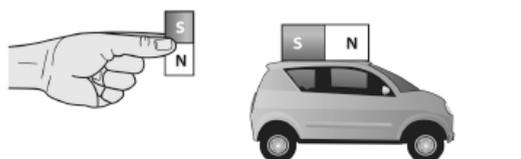
nal Benchmark – Example Item 3

Content Domain: Physical Science

Cognitive Domain: Applying

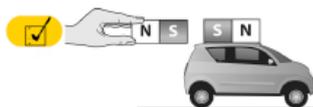
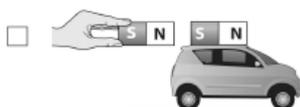
Description: Explains how the poles of two magnets should be oriented to cause repulsion

A magnet is glued to the top of a plastic toy car. Sarah wants to push the car away using another magnet.



Which way should she hold her magnet to push the car away?

(Check one box.)



Explain your answer.

The two south poles push each other away.

The answer shown illustrates the type of response that would receive full credit (1 point).

Figure 15 Question illustrée, TIMSS2015

SOURCE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS 2015

Country	Percent Full Credit
² Singapore	83 (1.4) ●
Japan	76 (1.8) ●
Korea, Rep. of	75 (2.3) ●
Chinese Taipei	56 (2.5) ●
Slovenia	48 (2.5) ●
Kazakhstan	47 (2.9) ●
² † United States	45 (1.8) ●
² Sweden	44 (2.5) ●
Slovak Republic	40 (1.9) ●
³ Serbia	38 (2.3) ●
Ireland	37 (2.4) ●
^{1 2} † Canada	36 (1.7) ●
Russian Federation	36 (2.4) ●
† Hong Kong SAR	36 (2.0) ●
Finland	36 (2.5) ●
England	34 (2.1) ●
Hungary	34 (2.3) ●
Germany	31 (2.2)
Turkey	30 (1.7)
International Avg.	30 (0.3)
Oman	29 (1.5)
² Lithuania	28 (2.6)
² † Denmark	27 (2.1)
Iran, Islamic Rep. of	27 (2.4)
United Arab Emirates	25 (1.1) ▼
Croatia	25 (2.3) ▼
Poland	25 (2.1) ▼
Australia	23 (1.8) ▼
² Bahrain	23 (1.9) ▼
Czech Republic	22 (1.7) ▼
† Netherlands	21 (1.9) ▼
New Zealand	21 (1.4) ▼
Cyprus	21 (2.1) ▼
† Belgium (Flemish)	21 (1.7) ▼
² Spain	21 (1.5) ▼
† Northern Ireland	18 (2.1) ▼
¹ Georgia	18 (2.2) ▼
² Italy	17 (1.6) ▼
Qatar	16 (1.6) ▼
² Portugal	16 (1.8) ▼
Chile	13 (1.5) ▼
Bulgaria	11 (1.6) ▼
Saudi Arabia	11 (1.2) ▼
Indonesia	10 (1.5) ▼
Kuwait	9 (1.2) ▼
France	9 (1.5) ▼
Morocco	2 (0.6) ▼
Norway (5)	- -

Figure 14 Classement international en pourcentage de bonnes réponses

Annexe 2. Questionnaire aux enseignants néotitulaires (Corrèze, janvier 2017)

Partie 1 : Contexte professionnel

- 1) **Dans quel(s) niveau(x) de classe enseignez-vous ?**
Cycle 1 : 4
Cycle 2 : 4
Cycle 3 : 3
- 2) **Combien d'élèves compte votre classe ?**
10 ; 15 ; 16 ; 22 ; 23 ; 23 ; 28
- 3) **Votre école est-elle située en ?**
Milieu urbain : 3
Milieu rural : 3
REP : 1
- 4) **Combien de classes compte votre école ?**
2 ; 3 ; 4 ; 4 ; 8 ; 9 ; 11

Partie 2 : Pratique des sciences en classe

- 1) **Quel est l'horaire hebdomadaire moyen consacré aux sciences dans l'emploi du temps de la classe ?**
Entre 1/2h et 1h : 3
Entre 1h et 1h30 : 2
Entre 1h30 et 2h : 1
- 2) **Depuis la rentrée, avez-vous pu mener des séquences de sciences physiques avec vos élèves ?**
1 séquence : 3
2 séquences : 2
Plus de 2 : 1
- 3) **Par rapport aux autres disciplines de l'école, vous sentez-vous à l'aise pour enseigner les sciences physiques ?**
Aussi à l'aise : 2
Un peu moins à l'aise : 4
Beaucoup moins à l'aise : 0
- 4) **Vous sentez-vous à l'aise pour améliorer la compréhension des sciences aux élèves en difficultés ? (sur une échelle de 1 à 5)**
Niveau 1 (pas du tout à l'aise) : 0
Niveau 2 : 1
Niveau 3 : 1
Niveau 4 : 4
Niveau 5 (très à l'aise) : 0

Partie 3 : Thématiques enseignées dans le domaine des sciences physiques

- 1) **Si vous avez mené des séquences, sur quel(s) thème(s) du programme portaient-elles ?**
L'air
les états de l'eau
Flotter /couler ; attiré ou non par l'aimant
planètes, volcans, séismes
la pollution de l'air/ les déchets
Electricité
- 2) **Quels thèmes des programmes avez-vous prévu de traiter cette année ?**
L'air; l'eau et l'électricité
électricité / objets techniques
opaque / transparent /translucide
planètes, volcans, séismes, environnement, classification
Air
- 3) **Si vous avez dû faire des choix quels ont été vos critères ?**
Progression dans le cycle : 4
Contraintes matérielles : 3
Préférences personnelles : 2
Capacités personnelles : 2
Contraintes d'organisation au sein de l'école : 3

Partie 4 : Modalités pédagogiques

- 1) **L'école dispose-t-elle de matériel pour faire manipuler les élèves en sciences physiques ?**
Aucun : 1
Trop peu : 3
Suffisamment : 2
- 2) **Avez-vous pu faire manipuler les élèves avec du matériel expérimental ?**
Entre 0 et 1 fois : 3
Entre 2 et 3 fois : 1
Entre 4 et 5 fois : 2
- 3) **Si oui, quel(s) type(s) de matériel avez-vous utilisé ?**
Bassines, ballons de baudruche, bouteilles en plastiques, pailles, gobelets, pompe à vélo, gonfleur de camping, sèche cheveux, plumes, moulinet, kapla, boules de sarbacane, etc....
piles, ampoules, kit électrique (commandés pour l'occasion)
loupes, aimants, bacs avec de l'eau
personnel
ampoules, piles, pinces
- 4) **Quel support utilisez-vous pour les sciences ?**
Cahier de sciences/d'expériences : 1
Classeur : 4
Affiches : 1
- 5) **Quels sont les types d'écrits produits par les élèves lors du cours de sciences ?**
Cours dans le cahier ou le classeur : 3
Fiches d'activités à compléter : 4
Ecrits de recherches d'hypothèses : 3
Schémas ou dessins d'observations : 5
Schémas ou dessins de recherches : 3
- 6) **Avez-vous eu des difficultés pratiques lors de vos séances de sciences ?**
Gestion de classe : 1
Manque ou inadaptation du matériel : 2
Hétérogénéité : 1

Partie 5 : Modalités didactiques

- 1) **Sous quelle(s) forme(s) se déroule généralement l'enseignement des sciences dans la classe ?**
Fiches élèves + Documents : 2
Observation d'expériences montrées par l'enseignant : 2
Expériences simulées ou en vidéo : 1
Réalisation d'expériences par les élèves, avec le protocole fourni : 2
Investigation par les élèves (expériences ou recherches élaborées par les élèves) : 5
Défis : 1
- 2) **Vous sentez-vous à l'aise pour mener une démarche d'investigation en classe ? (sur une échelle de 1 à 5)**
Niveau 1 (pas du tout à l'aise) : 0
Niveau 2 : 1
Niveau 3 : 3
Niveau 4 : 2
Niveau 5 (très à l'aise) : 0
- 3) **Si vous avez pratiqué la démarche d'investigation, quel bilan en tirez-vous ?**
Captive plus les élèves : 6
Permet de mieux construire les savoirs et les compétences : 4
Plus complexe à concevoir : 3
Plus chronophage : 3
Entraîne plus de difficultés de gestion de classe : 3
Other : Bilan plus complexe et plus long mais très bénéfique : 1
- 4) **Sinon, comptez-vous la mettre en oeuvre cette année ?**
Oui sûrement : 3
Je n'en suis pas sûr(e) car je pense que c'est plus complexe à concevoir : 1
Je n'en suis pas sûr(e) car je pense que c'est plus chronophage : 1
Je n'en suis pas sûr(e) car je pense que ce n'est pas plus efficace : 0

Je n'en suis pas sûr(e) car je pense que cela entraîne plus de difficultés de gestion de classe :
1

Partie 6 : Adéquation avec la formation initiale

1) Quelle filière de baccalauréat avez-vous suivi ?

ES : 1

L : 2

S : 3

2) Quel est votre domaine d'études supérieures ?

Droit, commerce, gestion : 1

Sciences humaines et sociales : 2

Sciences de l'éducation : 3

3) Utilisez-vous les apports de votre formation initiale à l'ESPE (M1 et/ou M2) en sciences physiques ?

Sur le plan des connaissances scientifiques apportées : 2

Sur le plan de la didactique enseignée : 6

5) La formation initiale vous semble-t-elle suffisante pour votre pratique professionnelle? (sur une échelle de 1 à 5)

Niveau 1 (pas du tout) : 0

Niveau 2 : 3

Niveau 3 : 2

Niveau 4 : 1

Niveau 5 (très suffisante) : 0

4) Auriez-vous souhaité des compléments ?

Pas spécialement : 1

Sur le plan des connaissances scientifiques : 2

Sur le plan de la didactique : 4.

Annexe 3. Documents de formation « La rotondité de la Terre »

1- L'expérience d'Ératosthène

H. Merle Chamonix 1995

Au III^{ème} siècle avant Jésus-Christ, à Alexandrie, en Egypte, vivait un homme du nom d'Ératosthène. Il dirigeait la bibliothèque d'Alexandrie et c'est là qu'un jour un papyrus attira son attention. Il y lut qu'à Syène, ville frontière du sud, le 21 juin à midi, un bâton planté à la verticale ne jetait pas d'ombre. Tout autre que lui aurait négligé cette observation, mais Ératosthène, en réfléchissant sur ces apparentes banalités, changea le monde ; car il eut la présence d'esprit de vérifier si, autour de midi, le 21 juin, à Alexandrie, un bâton vertical jetait une ombre. L'expérience fut positive.

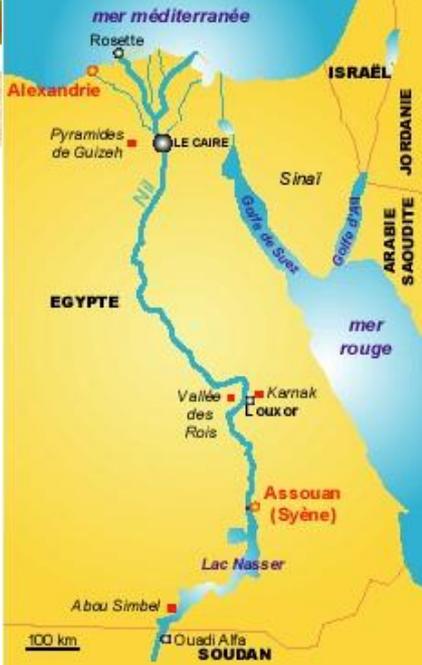


Figure 16 L'observation d'Ératosthène

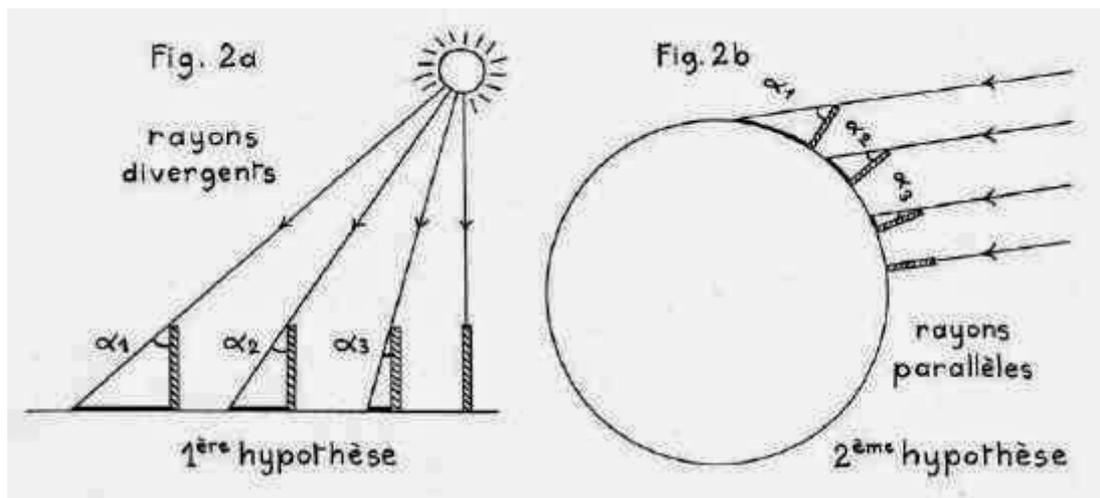


Figure 17 Hypothèse d'Anaxagore (Terre plate) & Hypothèse d'Ératosthène (Terre ronde)

La formation initiale des professeurs des écoles face à leur rapport personnel aux sciences

L'enseignement des sciences à l'école primaire pose des difficultés aux enseignants qui ne sont pas, en majorité, des spécialistes des disciplines scientifiques. Les conséquences en sont nettement visibles dans les études internationales sur le niveau des élèves français. Nous posons l'hypothèse que ces difficultés peuvent être prises en compte en formation initiale grâce au concept de *rapport personnel au sciences*. Nous essayerons d'analyser comment ce rapport peut être amélioré, grâce à des leviers comme des mises en situation d'investigation, des ouvertures sur les pratiques innovantes, ou des analyses de pratique, expérimentées en formation des enseignants débutants dans un INSPE du Limousin.

Mots-clés : Formation des enseignants, didactique des sciences, rapport personnel aux sciences.

The initial training of school teachers facing their personal *relationship to science*.

The teaching of science in primary schools poses difficulties for teachers who are not, for the mostly, specialists in scientific subjects. The consequences are clearly visible in international studies on the level of French schoolchildren. We hypothesize that these difficulties can be taken into account in initial training thanks to the concept of personal *relationship to science*. We will try to analyze how this relationship can be improved, using such levers as inquiry scenarios, openness on innovative practices, or practice analyzes, experienced in newly appointed teachers training in an INSPE of Limousin.

Keywords : Training of school teachers, sciences didactic, personal relationship to science, nature of sciences.

