

Expérimentation de la démarche d'investigation dans l'enseignement de sciences physiques et chimiques dans deux contextes scolaires différents

Emmanuel RAMIANDRISOA, Université d'Antananarivo,
ramiandrisoaemmanuel@gmail.com

Judith RAZAFIMBELO, Université d'Antananarivo,
judithrazafimbelo@gmail.com

ENTREES D'INDEX

Mots-clés: démarche d'investigation, activités expérimentales, milieu didactique

Keywords: investigative approach, experimental activities, didactical environment

RESUME

Faire acquérir aux jeunes une formation de base en sciences pour les amener à utiliser les connaissances dans les contextes variés de leur vie quotidienne et sociale est l'un des objectifs de l'enseignement scientifique notamment en sciences physiques et chimiques. L'introduction du nouveau programme, dans les lycées de Madagascar depuis la rentrée scolaire 2018-2019, offre aux enseignants une formation sur la démarche d'investigation. Cette recherche vise alors à suivre non seulement l'efficacité de cette formation au sein des enseignants mais aussi son impact dans l'apprentissage des élèves. Ainsi, nous avons effectué deux observations de classes conduites par deux enseignants ayant reçu cette formation, dans deux contextes d'enseignement différents. Malgré les difficultés que vivent les lycées d'expérimentation, les résultats sont encourageants. Les enseignants se débrouillent pour trouver des situations d'enseignement en relation avec l'environnement des élèves. Et tout de suite après l'introduction des situations déclenchantes, les élèves arrivent rapidement à s'exprimer dans le milieu didactique où ils effectuent les activités expérimentales en suivant les différentes étapes de la démarche d'investigation.

ABSTRACT

Providing young people with basic science training to help them use knowledge in the various contexts of their daily and social life is one of the objectives of scientific education, particularly in the physical and chemical sciences. The introduction of the new program, in high schools in Madagascar since the start of the school year 2018-2019, offers teachers training on the investigation process. This research aims to monitor not only the effectiveness of this training within teachers but also its impact on student learning. Thus, we made two class observations conducted by two teachers who received this training, in two different teaching contexts. Despite the state of the complicated places that live high schools, the results are encouraging. At the level of teachers, they manage to relate their teaching situation to the students' environment. And immediately after the introduction of a triggered situations, students quickly arrive to express themselves in the didactic environment where they carry out the experimental activities by following the different stages of the investigation process.

TEXTE INTÉGRAL

1. Introduction

Actuellement, l'importance accrue de la science et de la technologie a amené à considérer la formation scientifique comme l'un des enjeux majeurs de l'avenir d'un pays. La recherche en didactique a mis l'accent de plus en plus sur l'enseignement scientifique, c'est-à-dire, sur la nécessité de faire acquérir aux jeunes une formation de base en sciences pour les amener à utiliser les connaissances dans les contextes variés de leur vie quotidienne et sociale et pour les inciter à poursuivre des études spécialisées dans les domaines scientifiques ou techniques aux cycles supérieurs. Tels sont les objectifs de l'enseignement des sciences physiques et chimiques dans les nouveaux programmes de seconde (MEN, 2017, p. 81)

2. Contextes de l'étude

2.1. CONTEXTE INTERNATIONAL

La place des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences a fait l'objet de nombreuses recherches. Selon ces travaux, les buts affectés aux activités expérimentales dans l'enseignement des sciences étaient multiples : motiver les élèves, développer des habiletés manipulatoires, favoriser l'apprentissage de connaissances, de méthodes, d'attitudes scientifiques (Kane, 2011) où telles attitudes s'appuient et articulent sur un esprit *créatif* mobilisant imagination, invention et curiosité, et un esprit *logique* ou esprit *de contrôle* mobilisant rigueur, critique et rationalité. (Cariou, 2015)

Les démarches expérimentales apparaissaient trop souvent sous des formes stéréotypées (Leach et Paulsen, 1999) qui fonctionnent linéairement et ne développent pas l'esprit des va-et-vient entre les étapes. Dans l'enseignement secondaire, les expériences étaient principalement utilisées dans une perspective d'illustration des concepts, de vérification d'une loi, ou dans une démarche inductiviste (manipulations, observations et mesures, conclusions) ; l'élève étant placé en situation d'exécuter des manipulations qui lui étaient prescrites, d'effectuer des observations et des mesures, les conclusions devaient s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles n'étaient pas connues d'avance (Johsua et Dupin, 1993).

En France, les programmes français de sciences du collège présentent la démarche d'investigation (MEN, 2007, p. 6) comme le prolongement d'une pratique pédagogique instituée dans l'enseignement des sciences à l'école élémentaire. La démarche d'investigation prônée pour l'enseignement des sciences au collège s'inscrirait donc dans le cadre pédagogique défini par le *Plan de Renouveau de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie* (PRESTE) mis en place dans les classes du primaire depuis la rentrée 2003 et dont les orientations viennent d'être réaffirmées dans les programmes français de 2007 (MEN, 2007, p.144).

L'expression « démarche d'investigation » ou DI n'apparaît pas clairement aux préambules des nouveaux programmes du lycée, mais dans la continuité des pratiques dans le cycle 4 du collège, les programmes de sciences physiques et chimiques au lycée visent à former aux méthodes et démarches scientifiques en mettant principalement la pratique expérimentale et l'activité de modélisation (B.O. Spécial français n°1 du 22 Janvier 2019) qui sont les moments clés de la démarche d'investigation.

Au collège comme au lycée, on retrouve cependant des références à la pratique d'une démarche scientifique basée sur une investigation, cette démarche étant à fois démarche d'enseignement mais

également objet d'enseignement puisqu'il s'agit, au collège d'entraîner les élèves, et au lycée de les former à une telle démarche les impliquant dans des activités de recherche.

1.2. CONTEXTE NATIONAL

A Madagascar, la pratique de la démarche d'investigation figure dans les objectifs de l'enseignement des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques (Programme Seconde, 2017, p. 81) au lycée. Dans la continuation de cette nouvelle pratique pédagogique qui a été mise en place depuis la rentrée scolaire 2018 – 2019 (MENETP¹, 2019), le ministère, en collaboration avec le projet AQUEM², forme des enseignants des lycées publics à la mise en œuvre de cette démarche d'investigation dans les disciplines scientifiques telles que les mathématiques, les sciences de la vie et de la terre et les sciences physiques et chimiques. La démarche d'investigation prônée pour l'enseignement des sciences au lycée s'inscrit donc dans le cadre pédagogique défini par le Plan sectoriel de l'Education, finalisé le 18 mai 2017, et qui est en train de se mettre en place dans des lycées pilotes, puis désormais dans tous lycées, pour la classe de seconde, et dont les orientations viennent d'être réaffirmées dans les programmes de 2018 et ceux de 2019 (MENETP, 2019)

2. Cadre théorique

Des références pour la démarche d'investigation

Les recherches conduites par Calmette (2008, 2009) ont souligné la variabilité des pratiques d'enseignement dans la mise en œuvre de la démarche d'investigation.

On note également des divergences de position au sein des communautés de chercheurs. Il semble que ces désaccords soient fortement liés aux caractéristiques attribuées à la démarche (Cross et Grangeat, 2014). En effet, les programmes français (B.O. Hors-Série n°5 du 25 août 2005 ; MEN français, 2007 ; MEN français, 2008) caractérisent la démarche d'investigation de façon bien spécifique à travers un canevas en sept étapes, à savoir le choix d'une situation-problème par le professeur, l'appropriation du problème par les élèves, la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles, l'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves, les échanges argumentés autour des propositions élaborées lors de la communication des résultats, la confrontation, le débat, la recherche d'arguments, l'acquisition et la structuration de connaissances, l'opérationnalisation des connaissances par les élèves. De leur côté, les projets de recherche européens tels que *Mind the Gap* ou *Science-Teacher Education Advanced Methods (STEAM)* définissent les critères principaux de cette démarche selon les particularités suivantes :

- des situations authentiques visant à comprendre le réel non aménagé, et basées sur des problèmes. Ces situations peuvent ne pas avoir de réponse correcte ;
- des procédures expérimentales, des expériences, comprenant également de la recherche d'information ;
- une favorisation de l'autonomie de l'élève et des apprentissages autorégulés ;
- des activités d'argumentation et de communication entre les élèves.

Pour Cross et Grangeat (2014), ce sont donc les variations des caractéristiques attribuées à la démarche d'investigation qui sont susceptibles d'expliquer la diversité des positions des chercheurs relatifs à son efficacité.

¹ Ministère de l'Education Nationale et de l'Enseignement Technique et Professionnel

² Amélioration de la Qualité de l'Enseignement à Madagascar

L'ouvrage de Morge et Boilevin (2007) présente quatorze séquences d'enseignement qui illustrent la diversité des investigations pouvant être menées en classe. L'analyse de ces séquences conduit les auteurs à définir un ensemble de critères pour caractériser une démarche d'investigation en précisant ce qui relève, dans la construction des savoirs, de la responsabilité des élèves et de celle de l'enseignant. Ainsi, les tâches conceptuelles doivent être à la charge des élèves, ils doivent élaborer des productions en réponse aux tâches demandées et réaliser les apprentissages.

D'après ces mêmes auteurs, une séquence d'investigation se caractérise comme telle si :

[...] l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence, en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental et en participant à la recherche de validité des productions des autres élèves, autrement dit, en participant au choix argumenté entre plusieurs méthodes, plusieurs hypothèses, plusieurs protocoles expérimentaux, plusieurs explications, plusieurs modèles (p.6).

Plus récemment, Boilevin (2013a) a développé un ensemble de conditions pour que ce type d'enseignement, fondé sur l'investigation, participe à une meilleure compréhension des sciences par les citoyens et à la formation scientifique de ces derniers :

D'une part, il doit amener les élèves à s'engager dans des contenus scientifiques, proposer des tâches ou des problèmes à résoudre, requérant des activités cognitives et/ou expérimentales. D'autre part, il doit permettre des discussions argumentatives et des communications entre élèves. Il doit enfin prévoir une structuration des connaissances. De plus, suivant le degré d'ouverture des tâches proposées aux élèves (autonomie des élèves) et le niveau d'intervention de l'enseignant, on peut alors distinguer des investigations plus ou moins complètes. (p.43).

Démarche d'investigation et situation didactique

Pour Brousseau (1988), une situation est caractérisée par un ensemble de relations et de rôles réciproques de(s) l'élève(s) et (ou) de l'enseignant avec un milieu, visant la transformation de ce milieu selon un projet. Dans la théorie des situations didactiques, les situations appartiennent à deux catégories :

- *les situations didactiques* où un enseignant organise un dispositif qui manifeste son intention de modifier ou de faire naître les connaissances d'un élève et lui permet de s'exprimer en actions : ce sont des situations qui servent à enseigner.
- *les situations a-didactiques* : ce sont des situations dans lesquelles l'intention d'enseigner n'apparaît pas explicitement. Dans les situations a-didactiques, l'élève « apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres [...] Le savoir, fruit de l'adaptation de l'élève, se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage » (p.325). En ce sens, les démarches d'investigation paraissent compatibles avec les situations a-didactiques.

Les démarches d'investigation placent les élèves dans un système d'actions qui le conduisent à agir et à identifier, à comprendre et à exprimer jusqu'à un niveau formel les connaissances qu'ils mettent en jeu. Les savoirs sont institutionnalisés par une mise en perspective de ces connaissances avec des savoirs constitués antérieurement. L'enseignant invite alors les élèves à se rendre responsables de l'appropriation de ces savoirs. L'enseignant définit ainsi « les rapports que peuvent avoir les comportements ou les productions "libres" de l'élève avec le savoir culturel ou scientifique et avec le projet didactique : il donne une lecture de ces activités et leur donne un statut » (p.324).

Milieu didactique et intérêt dans l'analyse des situations

Margolinas (1998) s'intéresse à la structuration du milieu et à son intérêt dans l'analyse des situations. Son objectif est de s'interroger en particulier :

- du point de vue de l'élève, sur « l'adéquation entre le milieu avec lequel l'élève-sujet interagit et le milieu didactique d'une situation fondamentale relative au savoir à enseigner » ou sur « les connaissances nécessaires à l'interaction avec le milieu ou produites par cette interaction. » (p.4)
- du point de vue de l'enseignant, sur le contrôle du « milieu avec lequel l'élève interagit » ou sur « les connaissances nécessaires à l'interaction avec le milieu ou produites par cette interaction. » (p.4)

Les propositions de Margolinas (1998) peuvent être synthétisées comme suit :

- Le milieu matériel de la situation objective, « une situation non finalisée », comporte les objets disponibles qui permettent une entrée dans le problème.
- Le milieu objectif de la situation de référence correspond aux objets avec lesquels l'élève établit un rapport localement stable, issus de la situation objective.
- Le milieu de référence est relatif aux connaissances en jeu, celles que le professeur a pour projet que l'élève apprenne.
- Le milieu d'apprentissage est celui de la situation didactique dans laquelle l'élève formule ce qu'il a appris et où l'enseignant va intervenir pour conclure.

Perrin-Glorian (1998) différencie dans le milieu trois constituants interdépendants :

- La composante matérielle, constituée de données objectives, matérielles ou non.
- La composante cognitive, qui comporte des savoirs stables, institutionnalisés, nécessaires pour mettre en place un mode de résolution.
- La composante sociale, qui est constituée des autres acteurs qui peuvent intervenir dans la résolution : partenaires, autres élèves, professeur.

Cela amène à conclure que les objets disponibles dans le milieu matériel peuvent être des savoirs antérieurs, disponibles et qui peuvent engendrer des effets aux actions du sujet dans les situations objectives et de référence.

Dans la démarche d'investigation et relativement à ses références (a-didacticité, socio-constructivisme), on peut penser que les élèves, en rapport avec le milieu, prenant en compte les objets matériels, les connaissances initiales, les interactions entre pairs, vont produire les comportements et la construction des connaissances attendues.

Le concept du milieu didactique modélise l'environnement spécifique d'un savoir. Il joue un rôle important dans la détermination des connaissances que doit développer l'élève. Il faut le considérer comme un milieu porteur de significations, qui évolue et se transforme grâce à l'activité de l'élève : interprétations, essais-erreurs, corrections, modifications-adaptations.

Mais dans tout cela, l'apprenant devrait être placé au centre des situations d'apprentissage : il deviendrait l'acteur de la construction de son propre savoir. (Astolfi et Peterfalvi, 1998 ; Giordan et De Vecchi, 2002 ; Grangeat, 2014).

3. Problématique

Les anciens programmes scolaires au niveau lycée, à Madagascar, ont été fixés par l'arrêté ministériel n°103-95/MEN du 7 juin 1995.

Quant à l'enseignement des sciences physiques et chimiques, les instructions du ministère de l'éducation (MEN, 1996) précisent que :

- « la Physique et la Chimie sont des sciences expérimentales. Alors, chaque leçon doit être bâtie sur des expériences simples ou des observations rattachées à l'environnement naturel ou technique des élèves. [...]

- N'hésitez pas à faire un rappel mathématiques à chaque fois qu'il s'avère nécessaire.... » . (p.124)

Selon Pinelli (1994), cet enseignement classique des sciences physiques et chimiques utilise de manière privilégiée la démarche inductiviste. D'une manière générale, ce type d'enseignement des sciences physiques et chimiques repose sur l'analyse d'une expérience à partir de laquelle on met en évidence les concepts et les lois grâce à l'observation et aux mesures effectuées au cours de l'expérience. Si dans cette démarche, l'expérience est première, la démarche en elle-même présente des incohérences par rapport aux connaissances sur le fonctionnement cognitif de l'apprenant. En effet elle construit le savoir de manière linéaire, sans tâtonnements, en dehors de l'élève qui est considéré comme un spectateur. Dans cette approche, le doute est évacué, l'apprentissage est programmé, la conceptualisation est rapide et l'élève assiste à la révélation de la loi ou à l'élaboration du concept.

En outre, « l'expérience de classe est conçue pour coller au modèle : elle est artificielle, déconnectée de la vie » Robardet (1990, p. 18). En effet, elle est volontairement simplifiée, épurée pour coller au plus près du modèle tout en étant très éloignée des phénomènes de la vie courante.

Dans cette approche, l'observation est première avec peu ou pas de questionnement préalable, pratiquement pas de problème à résoudre, les conceptions des élèves ne sont pas prises en compte. L'expérience est à la fois « monstratrice » du phénomène, fondatrice des faits, parfaitement adaptée à la loi visée, économique de temps, parfois unique pour plusieurs lois. Le matériel est choisi par l'enseignant et le déroulement du protocole est organisé de telle façon que le modèle affleure, que les grandeurs pertinentes soient déjà désignées, que la loi émerge presque naturellement des phénomènes. L'observation expérimentale étant première, les conceptions des élèves ne sont pas prises en compte.

Selon Robardet et Guillaud (1997), l'expérience était utilisée comme introduction préliminaire à un long exposé magistral. Les « exercices pratiques » étaient utilisés pour permettre aux élèves de vérifier expérimentalement une loi à la suite d'un cours. L'élève accepte le modèle et apprend à le manipuler tout en gardant ses conceptions initiales qu'il a construit sur les situations réelles. L'enseignement reste dogmatique. En effet, l'approche inductiviste vise à transmettre les représentations du maître et ne considère pas les représentations des élèves. La démarche inductiviste ne serait donc pas motivante ni constructrice de connaissances chez les élèves et elle n'essaie pas de développer l'esprit critique et la créativité (Robardet, 1990, p. 19)

Actuellement, le nouveau programme scolaire (MEN, 2017) émanant du Plan Sectoriel de l'Education (PSE) exige, notamment dans l'enseignement des sciences physiques et chimiques, la mise en œuvre de la démarche d'investigation. Ce mode d'enseignement basé sur l'approche socio-constructiviste (Calmettes, 2009) nécessite beaucoup de mesures d'accompagnement pour ne parler, par exemple que des matériels et des infrastructures de laboratoire. Mais la particularité du monde de l'enseignement de sciences expérimentales à Madagascar est marquée par l'absence ou insuffisance des infrastructures et matériels de laboratoire. En outre, comme nous l'avons évoqué précédemment, la persistance des pratiques de la démarche inductiviste dans l'enseignement de sciences physiques et chimiques (Kane, 2011) est gravée chez les enseignants de cette discipline.

Les états des lieux précédents amènent à introduire les questions ci-après :

- Face aux situations scolaires, quelles adaptations les enseignants font-ils pour bien entamer la démarche d'investigation et comment la mettent-ils en œuvre ?
- Le milieu matériel (Margolinas, 1998) et les infrastructures à disposition permettent-ils effectivement de mettre en œuvre la démarche d'investigation durant les séances de pratiques expérimentales ?
- Est-il facile pour les enseignants de s'adapter lors de l'application de la démarche d'investigation ?

5. Méthodologie

5.1. CHOIX DE GROUPE DE SUJETS

Nous allons présenter maintenant les sujets de notre étude en détaillant graduellement les caractéristiques des établissements, des enseignants, puis des élèves. Puisque nous n'avons pas mis en place une procédure d'échantillonnage (en son sens statistique), nous préférons parler ici de groupe de sujets.

Deux établissements

Les deux établissements impliqués dans notre recherche sont deux Lycées où il y a des enseignants qui ont reçu la formation sur la démarche d'investigation. Mais surtout, ils se trouvent dans des situations d'enseignement différentes. En effet, l'un dénommé Lycée Andohalo est situé en pleine capitale alors que l'autre, le Lycée Talata Ampano, est sis dans un village loin du chef-lieu de province.

Par ailleurs, ces deux établissements mènent une expérimentation de la démarche d'investigation depuis 2018.

Caractéristiques des enseignants

Notre recherche se focalise sur l'enseignement de sciences physiques et chimiques dispensé au Lycée. Les deux enseignants de sciences physiques et chimiques impliqués dans cette recherche font partie de notre groupe de sujets.

Ces deux enseignants ont pu poursuivre la formation, sur la démarche d'investigation, dispensée par l'AQUEM depuis l'année scolaire 2017-2018.

Caractéristiques des élèves

Nous n'avons choisi qu'une classe par enseignant.

Le premier enseignant du lycée Andohalo, codé E1, a une classe de seconde. La classe compte 54 élèves. C'est l'enseignant lui-même qui répartit les élèves en 11 groupes et chaque groupe est composé de 4 à 5 élèves.

L'enseignant codé E2 du Lycée Talata Ampano, a choisi une classe de première scientifique. La classe comprend 56 élèves. L'enseignant répartit les élèves en 3 groupes, et chaque groupe est composé de plus de 18 élèves.

5.2. PRESENTATION DES SEANCES

Chaque enseignant a mis en œuvre une séance d'enseignement basée sur l'investigation expérimentale.

Nous présentons le contenu de l'activité tel qu'il a été proposé aux élèves.

L'enseignant E1a choisi le thème « Solution acide-base », à enseigner pendant 3 heures. Cette séance est basée sur la leçon concernant la notion d'acide-base et de pH déjà trouvée en classe de troisième.

Pour E2, le thème est « Energie élastique » pendant une durée de 2 heures 15 minutes. Cette séance est une application directe de la leçon concernant « l'énergie mécanique » effectuée juste avant cette expérimentation.

Nous avons trouvé, dans la fiche de chaque enseignant, les rubriques suivantes :

Pour l'enseignant E1, « les étapes de travail sont :

- vérification des matériels ;
- proposition d'hypothèses individuelles et mise en commun d'hypothèses communes en groupe ;
- adoption de protocole ;
- réalisation de l'expérience. »

Pour l'enseignant E2, « les tâches à faire sont :

- Formation de groupes ;
- Observation des matériels par groupe ;
- Préparation individuelle dans le « cahier d'expérience » ;
- Préparation en groupe de la synthèse des « cahiers d'expérience » sur le kraft ;
- Choix de matériels (NB : matériels mentionnés dans le « cahier d'expérience ») ;
- Réalisation des expériences ;
- Présentation des activités par groupe. »

Pour que les élèves puissent suivre ces consignes, les contenus de ces fiches sont affichés à l'aide d'un Kraft pour E1 ; mais pour E2, les consignes sont directement présentées au tableau noir.

5.3 RECUEIL DE DONNEES

Plusieurs éléments font partie de notre corpus :

- deux vidéos de séances de classes : l'une durant 3 heures, et l'autre, 2 heures 15 minutes. La première séance a été réalisée en classe de seconde au Lycée Andohalo-Antananarivo et concerne l'enseignement de la détermination expérimentale de pH de quelques solutions aqueuses à partir d'une démarche d'investigation, menée par un jeune enseignant (codé E1). La deuxième séance a été effectuée en classe de première au Lycée Talata Ampano à Vohibato Fianarantsoa et concerne l'enseignement de l'exploitation expérimentale de l'énergie mécanique à partir d'une démarche d'investigation, menée par un jeune enseignant (codé E2). Ces enseignants ont tous reçu la formation sur la démarche d'investigation pilotée par le projet « *la main à la pâte* » ;³

³Le projet *La main à la pâte* a pour mission de contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement de la science et de la technologie à l'école. Son action, conduite au niveau national et international, est tournée vers

- les fiches élaborées par les enseignants, sous forme de kraft, affichées au tableau contenant les consignes et des espaces pour écrire les réponses aux différentes activités proposées ;
- les verbatims d'entretiens conduits auprès des enseignants, au cours des activités, afin de clarifier les objectifs et les déroulements des démarches ;
- les fiches de travail et les compte rendus des travaux réalisés par les élèves, sous forme de kraft, qui synthétisent les activités des élèves, contenant les démarches, les matériels utilisés, les protocoles et les réponses aux différentes activités proposées.

5.4 LA GRILLE D'ANALYSE

L'analyse concerne directement la pratique de la démarche d'investigation. Elle permet en particulier de décrire la préparation et le déroulement des séquences comportant une démarche d'investigation, en insistant sur les éléments que les enseignants jugeaient importants dans cette activité, les difficultés rencontrées évoquées par ces enseignants lors des entretiens, ainsi que les points positifs qu'ils ont relevés. Ces étapes seront confrontées à celles de la démarche d'investigation, dans le programme français (MEN, 2007, p. 6), prise comme référence dans cette analyse.

Mais pour y parvenir, nous avons pris la grille, élaborée par Mathé *et al.*, ci-après :

Tableau 1. Élaboration de la grille d'analyse (Mathé et al., 2008)

Grille d'analyse
<i>Construction de la situation de départ</i>
1. Problèmes à résoudre
2. Contextualisation
3. Conceptions des élèves
.....
<i>Types de démarche</i>
4. Formulation de prévision
5. Formulations d'hypothèses
6. Proposition d'un protocole
7. Réalisation des expériences

Tout d'abord, les étapes dans cette grille correspondent très bien aux thèmes qui méritent d'être évoqués dans les séances observées. Et en plus ce tableau va nous permettre facilement de comparer les séances observées avec le canevas de la démarche d'investigation que nous avons choisi comme référence.

Ensuite, l'analyse de ces séances permet de caractériser les activités expérimentales (Kane, 2011), entre autres :

l'accompagnement et le développement professionnel des professeurs enseignant la science et vise à promouvoir, au sein de l'école, une démarche d'investigation scientifique. Créé en 2011 par l'Académie des sciences, l'École normale supérieure (Paris) et l'École normale supérieure de Lyon, il s'inscrit dans la continuité de l'opération *La main à la pâte* lancée en 1995 par l'Académie des sciences à l'initiative de Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992 ;

- *l'échantillon* sur lequel nous avons obtenu des résultats qui est de deux professeurs réalisant chacun une séance de TP-cours⁴ ;
- *les objectifs poursuivis* par les professeurs ;
- *les activités réalisées par les élèves* ;
- *l'attitude de l'enseignant et sa manière de conduire* la séance.

6. Résultats

Les résultats peuvent être regroupés en plusieurs thèmes, entre autres la construction de la situation de départ qui regroupe la contextualisation et les conceptions des élèves, et puis le type des démarches.

6.1 CONSTRUCTION DE LA SITUATION DE DÉPART

Problèmes à résoudre :

La question de départ donnée aux élèves fait référence à la vie quotidienne ; elle est souvent posée avec une « accroche ludique car cela rend la situation plus attrayante pour les élèves ». Ce résultat rappelle des analyses issues d'autres travaux de recherche sur la démarche d'investigation (Mathé, Méheut et Hosson, 2008).

Par exemple, l'enseignant E1 introduit la situation comme suit : « *Madame Rasoa prépare une salade de chou rouge... Elle est curieuse de savoir la raison de ce changement de couleur.* ».

Et l'enseignant E2 attire l'attention des élèves avec les situations telles que : « *comment on fait rouler la plus vite possible une petite voiture, que vous allez fabriquer..., sans vitesse initiale ?* »

Les travaux de Calmettes (2008, 2009) ont montré que l'hétérogénéité des pratiques ne dépendait pas seulement de la variété des problèmes posés en classe mais aussi de la complexité des situations de classe, de l'importance des contextes locaux (matériel, temporel, niveau des élèves), de l'étendue des réflexions des élèves et de la variété des réactions des enseignants aux perturbations. L'introduction de ces nouvelles méthodes d'enseignement, fondées sur l'investigation, engendre ainsi nécessairement une transformation de la relation didactique (Boilevin, 2013b).

Contextualisation :

L'enseignant E1 introduit sa situation par quelque chose de familier aux élèves : « *Elle a jeté le jus du chou dans un seau contenant d'eau savonneuse, le jus a changé de couleur. Dans le saladier, elle y a ajouté du vinaigre, la couleur de chou rouge a changé en une autre couleur que celle prise par le jus dans le seau.* »

Quant à l'enseignant E2, il propose quelque chose à caractère ludique : « *... Une petite voiture que vous allez fabriquer avec les matériels à disposition...* »

Mathé *et al.* (2008) évoquent, entre autres, l'« habillage ludique » de la situation de départ qui contribue rarement à l'émergence d'un problème scientifique à résoudre. L'initiation expérimentale serait dans ce cas bien souvent utilisée comme seul prétexte pour introduire les contenus des programmes.

Conceptions des élèves :

⁴Expériences dont les manipulations sont faites prioritairement par les élèves dans une salle de classe (Kane, 2011)

Comme les situations de départ sont tirées de la vie de tout le jour des élèves, ils s'expriment très bien pendant la conduite des activités. La majorité des élèves met vraiment en œuvre leur conception des phénomènes physiques observés. Cela se voit par la recherche de plusieurs options pour améliorer la résolution de problèmes posés.

A titre d'exemple, les élèves de l'enseignant E2 changent de temps en temps la forme et les paramètres de roulement de la petite voiture pour que celle-là puisse rouler aisément. Autrement dit, au début la petite voiture, pour un groupe, est construite à partir d'une bouteille plastique entière et la place du ballonamène la voiture à rouler dans toutes les directions ; mais à la fin de la dernière expérience, le groupe transformel'apparence de la petite voiture en une portion de bouteille plastique puis les élèves changent le mode l'emplacement du ballon soufflépour que ce dernier la pousse vers une direction bien déterminée et en plus,après l'amélioration de toutes ces choses, la petite voiture peut rouler de plus en plus vite.



Figure 1. Première voiture du groupe 3 (E2) Figure 2. Dernière voiture du groupe 3 (E2)

On trouve aussi, entre deux groupes voisins, des copiages de certaines choses telles que l'amélioration de la forme du corps de voiture dans le cas ci-après. Cela est dû au problème d'organisation et de gestion des activités.



Figure 3. Première voiture du groupe 2(E2) Figure 4. Dernière voiture du groupe 2(E2)

Synthèse des résultats concernant la construction de la situation de départ

Nous constatons que les questions de départ ont permis aux élèves de s'accrocher rapidement aux activités car ceux-ci ne sont pas loin de la vie quotidienne des élèves. Il en est de même pour la

contextualisation. Et dans ce genre de situations, les élèves peuvent mettre en œuvre leurs conceptions initiales pour avancer dans leur activité.

Les thèmes traités par ces deux enseignants sont différents, d'abord parce que l'enseignant E1 a choisi de se pencher sur un thème tiré du programme de chimie en classe de seconde alors que l'autre enseignant E2 a préféré un thème sur la physique dans le programme de classe de première scientifique ; et en plus ces enseignants ont adopté des séances qui permettent d'introduire des situations de départ en relation directe sur les environnements immédiats des élèves. Ainsi, il est difficile de piloter le thème choisi par l'enseignant E1 dans le milieu scolaire de l'enseignant E2, et il en est de même pour l'enseignant E2 car premièrement les enseignants conçoivent des matériels à partir de ce qui existe dans leur environnement mais deuxièmement les élèves comprennent vite les situations initiales si celles-là sont tirées de leur vie de tout le jour.

6.2. TYPE DE DEMARCHE

Avant l'analyse des démarches entreprises par les élèves, il faut mentionner que les élèves ont choisi librement les matériels qu'ils ont jugés utiles parmi les matériels disponibles, rassemblés préalablement par l'enseignant, et placés sur la table au début des séances.

Dans le cas de l'enseignant E1, pour la séance concernant la recherche de pH des solutions, les matériels et solutions disponibles sont : Jus de chou rouge ; Seringues ; Verres à jeter ; Bicarbonate de soude de cuisine ; Citrons ; Klin (savons poudre) ; Vinaigre 8° (1L); Eau vive ; Eau de Javel (1L); Kraft ; Marker ; des morceaux de papier contenant le code de couleurs ;



Figure 5. Matériels et solutions disponibles pour séance avec l'enseignant E1



Figure 6. Certains matériels disponibles pour la séance avec l'enseignant E2

Pour la séance concernant la petite voiture de l'enseignant E2, les matériels disponibles sont : Pincettes à bois et en acier, plusieurs Stylos noirs-bleus-verts-rouges, des Ballonnets, des fils de nylon circulaires et élastiques, des pipettes, des couvercles de bouteilles plastiques, des lames, des pincettes, des bouteilles plastiques.

Pour mieux comprendre la démarche utilisée lors de l'apprentissage, nous avons dû recourir à trois méthodes de collecte de données (observation de la fiche de préparation des enseignants ; entretien avec les enseignants ; observation des activités des élèves) puis confronter et à la fin synthétiser les données obtenues.

Formulation de prévisions / d'hypothèses :

Selon les consignes données aux élèves, la formulation des hypothèses sera effectuée en deux étapes (individuelle puis synthétisée par un groupe d'élèves) mais avant d'entamer cette étape, les élèves ont le droit de consulter les matériels et les solutions disponibles placés sur une table un peu loin de leur lieu de travail. Et pendant ce temps, les enseignants montrent et donnent un à un les noms de tous ces matériels et ces solutions.

D'après l'entretien avec les enseignants, la formulation des hypothèses a posé problème aux élèves et ils ne sont arrivés à un consensus qu'après une durée importante (entre 15 minutes à 20 minutes), ce qui est largement supérieur au temps imparti prévu (environ 10 minutes).

Élaboration de protocoles et réalisation d'expériences

Une simple observation nous a permis de tirer une conclusion sur cette partie. Les élèves proposent un protocole pour mener l'expérience mais ce protocole doit recevoir l'aval de l'enseignant avant sa mise en œuvre.

Pour les deux séances, chaque groupe d'élèves a sa spécificité lors de la conduite de l'expérience. Par exemple, certains groupes de la première séance n'ont fait que des démonstrations. (Richoux, 2000), c'est-à-dire que ces groupes ne font que vérifier expérimentalement les phénomènes observés par « *Madame Raso* ». Alors que d'autres groupes d'élèves font de démonstrations (Richoux, 2000) aussi bien pour la première séance que pour la seconde. Ces élèves-démonstrateurs ont effectué plusieurs expériences avec des protocoles différents pour valider leur hypothèse « la coloration de solution varie selon le pH de la solution testée ». Et bien évidemment, ils arrivent à découvrir des résultats beaucoup plus satisfaisants.

C'est ici qu'on trouve la démarche « *aller-retour* », d'« *essai-erreur* ». Les élèves semblent déjà mettre en œuvre une démarche scientifique appuyant sur le couple « *étonnement – questionnement* » (Giuseppin, 1996 ; Johsua et Dupin, 2003). En d'autres termes, les élèves ont refait plusieurs fois le protocole ou répété les expériences pour améliorer les résultats.

Les exemples ci-après peuvent être relevés :

Certains groupes d'élèves de l'enseignant E1 effectuent plusieurs expériences sur les mêmes solutions de jus de citron versés dans un jus de choux rouges mais avec des concentrations différentes. D'autres groupes ont fait divers essais mais avec des solutions différentes qu'ils ont préparées à partir de matériels choisis sur la table et en rapport avec leur protocole. Ils ont réalisé ces expériences juste pour vérifier si la modification de certains paramètres tels que la concentration ou la nature de la solution peut conduire à une variation de pH d'une solution testée (qui est vérifiable après la lecture du code de couleur distribué par l'enseignant en cours des activités). Nous avons ainsi constaté que les élèves ont réussi l'interprétation de ces genres de situations alors que c'est la première fois que cette classe a fait ce type d'activités selon l'enseignant E1.

Des résultats similaires sont constatés à propos des activités de certains groupes d'élèves de l'enseignant E2 : il faut rappeler ici que le défi à relever c'est « *de faire rouler le plus vite et loin possible une petite voiture fabriquée sans vitesse initiale* ». Alors ces groupes ont imaginé des hypothèses pour relever ce défi, après ils ont dessiné le protocole puis ils ont réalisé l'expérience avec la petite voiture qu'ils viennent de fabriquer. Et dès qu'ils trouvent certains paramètres (la forme de la voiture, la place des roues, etc....), ils ont apporté des rectifications jusqu'à ce qu'ils arrivent à des résultats jugés satisfaisants.

Bilandesactivités au cours de la démarche d'investigation :

Les hypothèses avancées par les élèves dépendent principalement de défis à relever mais aussi de matériels et solutions disponibles. C'est pour cela que les élèves ont pris beaucoup de temps lors de l'élaboration des hypothèses individuelles et surtout pour trouver des hypothèses consensuelles au sein du groupe.

Comme pour l'hypothèse, le protocole élaboré par les groupes d'élèves doit aussi être validé par les enseignants. Ces protocoles dépendent de matériels choisis préalablement par le groupe et aussi des hypothèses proposées. Et après c'est à partir de ces protocoles que les élèves réalisent les expériences. Mais au fur et à mesure de la conduite des expériences, les élèves discutent au sein de leur propre groupe et modifient les protocoles afin d'aboutir à un résultat satisfaisant.

Ainsi, selon De Hosson *et al.* (2014) « la DI promeut un apprentissage plutôt coopératif, reposant sur l'initiative et le questionnement de l'élève. Ici, le savoir scientifique n'est pas transmis de manière verticale et descendante depuis le maître vers la classe, mais construit par les élèves tout au long d'un processus au sein duquel le "choix", "l'identification" et "la résolution" d'un problème scientifique forment le cœur de l'activité (attendue) des élèves ; dans ce contexte, l'enseignant n'est plus exclusivement transmetteur du savoir, mais également médiateur. » (p.31)



Figure 7. Début de l'expérience du groupe II(E1) Figure 8. Fin de l'expérience du groupe II(E1)

Ici les élèves du groupe ont vérifié l'hypothèse que « la coloration de la solution testée varie selon le pH ». Donc ils ont élaboré de protocole qui permet de préparer plusieurs solutions avec les matériels disponibles placés sur la table tels que le citron, la poudre de savon, de bicarbonate et même de l'eau vive. Puis ils ont obtenu des solutions aqueuses de citron, de savon et etc....Ensuite, ils ajoutent chaque solution préparée dans des verres contenant de jus de chou rouge. Tout de suite après l'ajout, la couleur de jus de chou varie selon la solution introduite. Ainsi, dans chaque verre, ils obtiennent des solutions de couleurs différentes. A la fin des activités, ces élèves comparent la couleur de solutions avec la valeur de pH indiquée au code de couleur distribué par l'enseignant E1 aux élèves.

7. Discussion

Les deux séances observées sont toutes des séances de pratiques expérimentales conduites par des enseignants ayant bénéficié de la formation du projet « Amélioration de la Qualité de l'Éducation à Madagascar » (AQUEM) offerte par l'équipe de « La main à la pâte ».

Ainsi ces enseignants ont suivi les mêmes démarches de type investigation comme indiquées dans les étapes recommandées par l'instruction dans le programme scolaire français: « sous forme d'un " canevas " en "sept étapes" (MEN français, 2008) cité dans le Cadre théorique (Chapitre 2, p.3).

Les thèmes abordés par les deux enseignants dépendent de l'environnement immédiat de l'établissement et des élèves car ils ont besoin de concevoir des matériels selon les ressources propres de la classe. Donc les matériels pouvant être utilisés varient selon les lieux où se trouvent les établissements. En outre, pour que les élèves puissent comprendre rapidement le phénomène à étudier, les situations déclenchantes et le thème devraient se rapprocher de la vie quotidienne des élèves même si les situations sont issues d'une énigme scientifique. Comme par exemple les cas précédents, les thèmes traités concernent : ne rien d'autre que la vaisselle pour le premier enseignant E1 et les jouets des petits garçons pour le deuxième enseignant E2.

Le fait d'observer les dans des classes différentes n'a pas influencé notre travail, car c'est l'analyse de l'adoption de la démarche d'investigation qui est notre objectif principal. Mais il faut signaler, quand même, que les deux thèmes traités par ces deux enseignants s'inscrivent dans les programmes scolaires en vigueur et le seul ingrédient supplémentaire est l'introduction de la démarche d'investigation.

Lors des choix des situations-problème, comme nous l'avons signalé précédemment, ces enseignants ont repéré des situations proches de la vie quotidienne des élèves telles que « *le chou rouge* » pour les élèves du lycée Andohalo sis dans la capitale et « *la petite voiture fabriquée à partir de bouteilles plastiques* » pour les élèves qui résident dans le village de TalataAmpano. Ainsi, les élèves peuvent exprimer facilement leurs idées durant les activités. Ils peuvent naturellement utiliser leurs représentations initiales.

Mais il faut souligner que la fonction de ces « mises en situation » doit amener les élèves à se rendre compte de l'existence d'un problème scientifique à considérer. Leur choix n'est cependant pas une tâche facile et le risque est grand qu'elles soient surtout utilisées pour simplement piquer la curiosité des élèves ou introduire le thème.

Bref, une mise en situation porteuse d'une problématisation dans le contexte d'une démarche d'investigation car elle est construite autour d'un problème concret (comme par exemple le changement de couleur de l'eau savonneuse) présentant un caractère énigmatique ; elle permet de motiver les élèves dès le départ et de les pousser dans la recherche de solution qui passe par l'émission d'hypothèses et la vérification par l'expérience. En conséquence, celle-là :

- ne se limite pas à introduire un thème où à piquer la curiosité des élèves ;
- doit déboucher sur un problème (ou une question ou une hypothèse) scientifique, dont l'étude conduit à des apprentissages bien ciblés en sciences car les problèmes rencontrés dans la vie de tous les jours ne sont pas toujours de « bons » problèmes scientifiques ;
- doit tenir compte des représentations et des apprentissages antérieurs des élèves, tout en leur permettant de constater que leurs connaissances ne sont pas suffisantes pour comprendre le problème retenu ou, du moins, qu'ils ont besoin de prouver, sur la base de faits, que ces connaissances sont validées ;
- doit s'appuyer sur les postulats et les théories en sciences (à construire progressivement avec les élèves) et se distancier du sens commun ;
- conduit à un problème qui pose un défi raisonnable que l'élève est en mesure de traiter.

De nombreuses problématiques en sciences donnent lieu à des questions ou à des hypothèses dont l'étude nécessite une intervention de l'expérimentateur pour produire les faits souhaités. Il s'agit des questions qui pourraient découler de mises en situation adaptées aux élèves.

Dans le cadre d'une approche par investigation, les élèves sont amenés à soulever des questions à partir d'une situation déclenchante tirée, comme il a été spécifié plus haut, de leur environnement quotidien. Grâce à un dialogue interactif dans la classe et encadré par l'enseignant, émerge une problématique que les élèves vont explorer plus attentivement. Et cela amène à la formulation et l'émission d'hypothèses, suivi de l'élaboration puis de la mise en œuvre d'une activité leur permettant de collecter des données.

Dans les deux séances observées, les élèves ont pris beaucoup de temps lors de l'émission d'hypothèses individuelles et surtout collectives car d'abord ils sont nombreux dans le groupe (autour de 18 par groupe pour E2 et 5 par groupe pour E1) mais aussi la gestion de conflit d'idées est une chose nouvelle pour ces élèves qui constitue un espace ouvert offrant l'occasion aux élèves d'énoncer leurs hypothèses et mettent en jeu la pensée divergente. Mais avec l'aide des enseignants, ils arrivent à faire ressortir des hypothèses consensuelles. Au cours de cette phase, s'effectuera le choix collectif d'une hypothèse. Un tel environnement d'apprentissage, à partir duquel les élèves conçoivent leurs propres expériences, permet aux élèves de construire des connaissances de la physique en s'engageant dans des cycles d'investigations qui reproduisent l'approche utilisée par les physiciens pour construire leurs savoirs. Alors cette étape peut être l'occasion d'une expérimentation où les élèves suivent les grandes étapes suivies par le scientifique dans la construction des connaissances. Dans cette approche, l'élève est au centre de la construction de son savoir. Il participe activement au processus d'apprentissage.

Au niveau de la démarche, les deux séances concernent une investigation expérimentale. Et pendant la conduite des expériences, les enseignants surveillent toutes les étapes allant de l'élaboration de protocole jusqu'à la synthèse des activités des élèves. Toutefois, l'intervention des enseignants n'a lieu que pour les groupes en difficulté ou pour encourager les élèves à travailler en équipe au sein du groupe et en utilisant leur propre connaissance. Les enseignants établissent au sein des élèves un apprentissage de type socio-constructiviste (Bächtold, 2012).

Au début des activités d'expérimentation, tous les groupes d'élèves tendent vers une mise en évidence expérimentale ou « *monstration* » (Richoux, 2000) de l'énoncé du sujet proposé par l'enseignant : « Madame Rasoa prépare une salade de chou rouge. Elle découpe le chou en des morceaux puis les lave et les filtre. Elle a jeté le jus du chou dans un seau contenant de l'eau savonneuse, le jus a changé de couleur. Dans le saladier, elle y a ajouté du vinaigre, la couleur de chou rouge a changé en une couleur autre que celle prise par le jus dans le seau. ». Mais peu à peu, après de multiples processus de tâtonnements et d'erreurs (Johsua et Dupin, 2003), leurs expériences deviennent de nature « *démonstration* » (Richoux, 2000).

Les protocoles expérimentaux suivant montrent les tâtonnements d'un groupe d'élèves lors de la séance avec l'enseignant E1 :

« 1^{ère} partie : 10mL de jus de chou rouge + 10mL d'eau savonneuse, on obtient une couleur verte ; 2^{ème} partie : 10mL de jus de chou rouge + 10mL de vinaigre, on obtient une couleur rose ; 3^{ème} partie : 20mL de jus de chou rouge + bicarbonate, on obtient une couleur verte ; 4^{ème} partie : 20mL de jus de chou rouge + citron, on obtient une couleur rouge ; 5^{ème} partie : 20mL de jus de chou rouge + 5mL d'eau, on obtient une couleur jaune. »

Après la comparaison avec le code de couleurs, ce groupe arrive rapidement à tirer une conclusion sur la valeur de pH de chaque solution et les natures de toutes les solutions.

Mais pour d'autres groupes qui n'ont fait qu'une mise en évidence, le protocole est le suivant :
 « 1^{ère} étape : On prend un verre et on met le jus de chou rouge, après on le mélange avec le vinaigre ;
 2^{ème} étape : on prend un verre d'eau savonneuse et on ajoute le jus de chou rouge. »

Dans ce dernier cas, les élèves ne font que refaire les expériences de *Madame Raso* dans l'énoncé du sujet de l'enseignant E1. Et cela amène finalement à des résultats erronés voire des conclusions hypothétiques. Ici, 1^{ère} étape : « 20mL de chou rouge + 20mL de vinaigre. Cela donne une couleur rouge indiquant un pH > 7 ; 2^{ème} étape : 10mL de l'eau de savon + 10mL de jus de chou rouge. Cela donne une couleur verte, indiquant un pH = 7. ». Ce groupe tâtonne lors de l'interprétation de résultats, la conclusion, jusqu'à la découverte de la bonne piste.

Pendant la séance conduite par l'enseignant E2, on a remarqué un aller-retour entre « *essais-erreurs* ». Lors de l'essai de la mise en marche de la petite voiture, les élèves avancent encore d'autres hypothèses meilleures que les précédentes, puis ils modifient tout, depuis le protocole jusqu'à la forme de la voiture pour avoir un bon résultat.

Le tableau comparatif qui suit permet de mieux appréhender les étapes de démarches des enseignants E1 et E2 relativement à celle préconisée durant la formation de l'AQUEM.

Tableau 2. Comparaison des trois démarches (AQUEM ; E1 ; E2)

Démarche de l'AQUEM	Démarche de l'enseignant E1	Démarche de l'enseignant E2
1. Le choix d'une situation - problème par le professeur.	Situation déclenchante (ou situation initiale)	Une petite voiture au repos
2. L'appropriation du problème par les élèves, guidée par l'enseignant.	Problématisation ou Consigne : « expliquez ce changement de couleur du jus... »	Présentation de défi à relever : « comment faire rouler une petite voiture sans vitesse initiale, le plus loin possible »
3. La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles pour élaborer des expériences tests.	Avancez des hypothèses : - Vérification des matériels ; - Formulation individuelle des hypothèses ; - Mise en commun d'hypothèses communes du groupe ; - Adoption de protocole.	- Formulation de groupe ; - Observation des matériels par groupe ; - Préparation individuelle (du protocole) dans le cahier d'expérience ; - Préparation en groupe (du protocole) dans le cahier d'expérience ; - Choix de matériels (matériels à mentionner dans le cahier d'expérience) ;
4. L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves : débat interne, contrôle des modalités des expériences, description des méthodes et exploitation des résultats, recherche de justification et de preuve, confrontation avec les hypothèses.	Réalisation de l'expérience	Réalisation des expériences
5. L'échange argumenté autour des propositions élaborées par communication des résultats, confrontation, débat, recherche d'arguments.	Présentation par groupe des résultats et de toutes les activités	Présentation par groupe des résultats et de toutes les activités

6. <i>L'acquisition et la structuration des connaissances : mise en évidence avec l'enseignant des nouveaux éléments de savoirs (notion, technique, méthode), confrontation avec le savoir établi (recherche documentaire, manuel).</i>	Eclairage scientifique	Eclairage scientifique
7. <i>L'opérationnalisation des connaissances : exercices et problèmes de réinvestissement, évaluation</i>		Fin

A première vue, on remarque que la septième étape n'est pas abordée par les deux enseignants. Mais selon l'entretien avec eux, ils vont effectuer les exercices sur ce thème dans la prochaine séance ; concernant les activités des élèves lors des séances observées, les enseignants comptent les évaluer en groupe juste après la fin du cours.

Et dans l'ensemble, malgré certaines particularités telles que les thèmes enseignés et les étapes beaucoup plus détaillées lors de l'élaboration d'hypothèses pour l'enseignant E2, les démarches suivies par les deux enseignants sont similaires. Mais on trouve aussi des spécificités surtout au niveau du choix des situations initiales, qui sont basées sur l'environnement immédiat des élèves.

Ces étapes de la démarche des professeurs observés, qui commence par une mise en situation puis une émission d'hypothèse selon les matériels disponibles et face à une situation-problème suivie d'une investigation expérimentale et se termine par une phase d'institutionnalisation, remplissent et suivent en grande partie les trois « *Modes didactiques des pratiques expérimentales* » conçus par Coquidé (1998) : premièrement, le « *Mode de Familiarisation Pratique (MFP) ou "expérimentation"* », dans ce cas, *l'enseignant propose aux élèves des situations variées et diversifiées pour que le contexte permette aux élèves à « l'initiation scientifique »* ; les objectifs sont de « *familiariser l'élève avec des objets, des phénomènes ; développer un questionnement scientifique ; faire progresser un savoir-faire préalable, faire s'approprier des techniques d'investigation ; constituer un référent empirique.* ». Dans un tel mode les activités expérimentales sont des occasions pour les élèves de pratiquer des essais, de manipuler du matériel et de prendre en main des instruments. Ce sont des expériences pour voir, essayer et explorer. L'enseignant « favorise les comparaisons, les confrontations multiples, relance le questionnement, introduit le doute, aide à reformuler et favorise un apprentissage technique. » (Coquidé, 1998, p.116).

Le second est le « *Mode d'Investigation Empirique (MIE) : "expérimentation"* », ici le guidage de l'enseignant amène les élèves à problématiser ou à émettre un projet, comme par exemple le cas de la petite voiture au repos (de l'enseignant E2) qui permet aux élèves de vérifier expérimentalement la loi de conservation de l'énergie mécanique, cela favorise la mise en œuvre des investigations, encourage la rigueur dans la démarche de validation des élèves, privilégie les confrontations multiples, incite la réflexion des élèves sur les démarches et les raisonnements qu'ils suivent. Le contexte pousse rapidement aux « *pratiques d'investigation et à une recherche problématisée* ». Les objectifs sont ainsi d'« *initier à des démarches scientifiques, utiliser des techniques d'investigation* ». Les élèves, à partir des matériels disponibles, tentent de « *mettre en œuvre, en tout ou en partie, une réelle démarche d'investigation (recherche bibliographique, problématisation, investigation dont expérimentation, conception et réalisation de protocoles, communication, discussion) ; de réaliser un*

mini projet. ». Comme par exemple le cas de la séance conduite par l'enseignant E1 (cas de l'eau savonneuse) où les essaient d'établir à partir d'une investigation expérimentale le cours théorique à venir.

Dans ce deuxième mode, l'expérimental a plutôt un statut d'investigation et de résolution de problème dans une logique ouverte et divergente. Ce sont là des expériences proposées pour tester, argumenter et construire un référent empirique.

Il est évident que pour proposer et mener adéquatement l'expérimentation attendue, il ne suffit pas de « planifier » l'expérience et de la « réaliser » (deux particularités souvent utilisées pour définir les démarches d'investigation). Plusieurs autres habiletés, attitudes et savoirs doivent également être mobilisés.

Le troisième et dernier est le « *Mode d'Élaboration Théorique (MET) : "expérience-validation"* » : dans ce mode, les pratiques expérimentales sont au service de l'établissement de notions et de la construction de concepts et l'élaboration de modèles scientifiques. Il s'agit ici d'expériences pour démontrer, conceptualiser et modéliser. Les matériels disponibles poussent les élèves à élaborer un dispositif expérimental qui sollicite un « *aller- retour entre registre empirique et conceptualisation.* ». Donc l'enseignant propose un *contexte qui amène à l' « élaboration conceptuelle ou modélisante.* » Ce mode amène les élèves à « *participer à la construction de concepts et à l'élaboration de modèles scientifiques (élaboration et application) ; élargir le référent empirique.* ». Ce mode est, pour les élèves, une meilleure occasion de mettre en œuvre dans son intégralité la démarche d'investigation.

Malgré cela, selon certains auteurs, les activités expérimentales apparaissent généralement très attrayantes pour les élèves, mais la façon dont ils les conçoivent et les réalisent se trouve généralement éloignée des exigences scientifiques (Astolfi, 2006).

8. Conclusion

Durant le processus d'apprentissage par le biais de la démarche d'investigation, les élèves sont capables de découvrir et apprendre les sciences par eux-mêmes, les enseignants doivent moins communiquer et donner moins d'instructions afin de leur laisser davantage de liberté. En somme, les connaissances qu'ils acquièrent sont moins importantes que le processus d'acquisition lui-même. Dans le cadre d'une approche par investigation, les élèves sont amenés à soulever des questions à partir d'une situation déclenchante tirée de leur environnement quotidien. Grâce à un dialogue interactif dans la classe et encadré par l'enseignant, émerge une problématique que les élèves vont explorer plus attentivement. Cela passe par la formulation et l'émission d'hypothèses, suivi de l'élaboration puis de la mise en œuvre d'une activité leur permettant de collecter des données. Cette étape peut être l'occasion d'une expérimentation scientifique. L'analyse et l'exploitation des données permettent ensuite d'établir une conclusion au regard des hypothèses de départ. Dans cette approche, l'élève est au centre de la construction de son savoir. Il participe activement au processus d'apprentissage. On retrouve ici les grandes étapes suivies par le scientifique dans la construction des connaissances.

Bref, un enseignement par démarche d'investigation :

- est une pratique pédagogique qui place les élèves en situation de recherche en s'appuyant sur leur questionnement du monde réel.
- a pour objectif de permettre aux élèves de mener, avec l'aide du professeur, des investigations qui doivent déboucher sur :
 - L'acquisition de connaissances

- L'acquisition de compétences méthodologiques.
- La mise au point de savoir-faire techniques.

Des travaux de recherche, en soulignant la transformation complexe des stratégies d'enseignement qu'implique l'implantation de démarches d'investigation, ont mis en exergue l'importance des aspects collectifs du travail d'enseignants comme par exemple dans le cas des enseignants des matières scientifiques (SVT, SPC et MATHS) à Madagascar qui se sont regroupés en se partageant d'expérience après l'application de la formation reçue par le projet AQUEM. Les séances que nous avons étudiées ici, qui sont une réussite totale en termes d'apprentissage, font partie des résultats de ce type de travail des enseignants issus de la formation sur la démarche d'investigation.

Ce type de démarche vise à offrir aux élèves la possibilité de réfléchir sur leur raisonnement propre et celui d'autrui, et plus particulièrement sur l'efficacité des processus et stratégies qu'ils mettent en œuvre pour résoudre un problème donné, il est clair que son intérêt porte non pas sur le résultat propre du problème posé, mais bien sur la réflexion qu'il engendre. Dans cette visée, l'activité d'investigation expérimentale que nous avons observé tout à l'heure cherche à donner l'occasion aux élèves de faire valoir leurs différentes façons de faire mais aussi d'apprendre à donner une rétroaction pertinente et utile. Les rétroactions permises par le travail de groupe pourraient offrir aux élèves un regard extérieur sur ce qu'ils font et ainsi mieux apprécier leurs points forts et leurs limites.

9. Perspectives

Cette recherche, loin d'être achevée, a montré que la pratique de la démarche expérimentale d'investigation a été l'objet de notre recherche.

Mais des études (Coquidé, 1998 ; Galiana, 1999) débattent de l'importance des pratiques expérimentales dans l'enseignement, l'acquisition et la construction du savoir scientifique. Ce mode d'enseignement pourrait éviter la dogmatisation du savoir en déterminant son origine et son domaine de validité.

Notre recherche ne vise pas seulement la description mais aussi la connaissance pour agir :

- Aider l'enseignant dans la construction des situations expérimentales opératoires.
- Aider à penser et à faire des choix dans la constitution du référent empirique relatif à l'enseignement de sciences physiques et chimiques.

Plusieurs études ont montré que l'appartenance à un réseau d'interactions professionnelles agissait sur les conceptualisations des enseignants et contribuait à l'élaboration de référentiels communs. Les enseignants intégrés dans un réseau de formation laisseraient entrevoir des conceptualisations plus ouvertes que celles d'enseignants qui ne le sont pas. Les échanges d'expériences, les discussions ou encore les actions communes permises par ces réseaux, mais aussi à travers les partenariats et les travaux collectifs au sein des établissements, semblent donc jouer une place prépondérante sur la façon dont les enseignants organisent leurs activités (Grangeat, 2011, 2013a)

En outre, des recherches se sont concentrées sur les effets du travail collectif pour accroître la cohérence entre les instructions et les pratiques effectives. Le rapport Rocard (2007) annonçait que l'appartenance des enseignants à un réseau favoriserait la qualité de leur enseignement : « Les réseaux participent efficacement au développement professionnel des professeurs, ils sont

complémentaires des formes plus traditionnelles de formation continue des enseignants et ils stimulent leur moral et leur motivation » (Rocard *et al.* 2007, p.3).

Ainsi, beaucoup de points de vue n'ont pu être abordés dans cette recherche, entre autres, la difficulté, aussi bien chez les élèves que chez les professeurs, à articuler un registre empirique et un registre théorique au cours des pratiques expérimentales en classe, la caractérisation de la pratique expérimentale selon les objectifs suivis et la révision cette pratique basée sur la démarche d'investigation en tant que construction et résolution des problèmes.

Bien que la littérature ait montré plusieurs points positifs sur les premières mises en œuvre de l'expérimentation par le biais de la démarche d'investigation, nous avons choisi d'étudier la problématique de mise en œuvre de la démarche expérimentale d'investigation avec une approche contrastive. En d'autres termes, nous avons analysé les différentes façons de pratiquer la démarche expérimentale d'investigation dans des contextes d'enseignement.

Références

- Astolfi, J.-P. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences*, Paris, France : Retz
- Astolfi, J.-P., Gohau, G., Host, V., Martinand, J.-L., Rumelhard, G. et Zadounaïsky, G. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris, France : PUF.
- Astolfi, J.-P. et Peterfaivi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141.
- Bächtold, M. (2012). « Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation », *Tréma* [En ligne], 38 |, mis en ligne le 01 décembre 2014, Consulté le 17 octobre 2015 de <http://trema.revues.org/2817> ; DOI : 10.4000/trema.2817
- Boilevin, J.-M. (2013a). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Boilevin, J.-M. (2013b). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe*. M. Grangeat (éd.), Grenoble, France : PUG, p.27-53.
- Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9 (3), 309-336.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, France : la Pensée Sauvage.
- Calmettes, B. (2008). Analyse d'un dispositif de formation à l'enseignement en sciences par démarche d'investigation. *Actes du colloque de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire* (p.20-40). Montpellier, France.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirales*, 43, 139-148.
- Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 26, 109-132.
- Cross, D. et Grangeat, M. (2014). Démarches d'investigation : analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et Technologies*, 10, 155-182.
- De Hosson, C., Blanquet, E., Picholle, E., Munier, V., Delserieys, A. et Nathalie, L. (2014). Démarches d'investigation en sciences et construction du savoir. Congrès de la Société Française de Physique. *Reflets de la Physique*, 39, 30-33.

- Doise, W. et Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris, France : Interéditions.
- De Vecchi G. et Giordan A. (2002). *L'enseignement scientifique, comment faire pour que « ça marche? »*. Paris, France : Delagrave Pédagogie et Formation.
- Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996). *Aster*, 28, 9–32.
- Giuseppin, M. (1996). Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, 9, 107 -118
- Grangeat, M. (2011). *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratique de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves*. Lyon, France : Ecolnormale supérieure.
- Grangeat, M. (2013a). Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif. In M. Grangeat (Éd.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (p. 155-184). Grenoble, France : Presses Universitaires de Grenoble.
- Grangeat, M. (2014). *Connaître les principes des démarches d'investigation*. Grenoble - Alpes, France : Université Joseph Fourier. Récupéré de : <http://webcom.upmf-grenoble.fr/sciedu/evacodice>
- Johsua, S. et Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, France : PUF.
- Joshua, S. et Dupin, J.-J. (2003). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, France : PUF.
- Kane, S. (2011). *Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves*. Dakar, Sénégal : Université Cheikh Anta Diop
- Leach, J. et Paulsen, A. (1999). Introduction. Dans J. Leach ET A. Paulsen (éd.) *Practical Work in Science Education - Recent Research Studies*. Dordrecht, Kluwer, p. 17-18
- Margolinas, C. (1998). Le milieu et le contrat, concepts pour la construction et l'analyse de situations d'enseignement. Dans R. Noirfalise (dir.), *Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques*, conférence, Actes de l'Université d'Été, p. 3-16. La Rochelle, France : édition IREM Clermont-Ferrand
- Mathé, S. ; Meheut, M. et De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76.
- MEN (1996). Programmes des classes de Seconde Malagasy.
- MEN (2005). Programmes des collèges : introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, n°5 du 25 août 2005. Disponible sur Internet : <ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/bo/2005/hs5/annexe1.pdf>.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2007). *Bulletin Officiel de L'Éducation Nationale*, hors-série n° 6, Paris, France.
- MEN (2008). Programmes du collège : programmes de l'enseignement de physique-chimie. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, spécial n°6 du 28 août 2008. Récupéré de http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf
- Ministère de l'Éducation Nationale (2011). Promotion des disciplines scientifiques et technologiques. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, n° 10. France : Paris.
- MEN (2017). Plan sectoriel de l'éducation (PSE), version finale.
- MENETP (2019). Malagasy, « *Nouvelle orientation scolaire du 09 Mai 2019* »
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la jeunesse (2019). Programmes du lycée : programmes de l'enseignement de physique-chimie. *B. O. spécial n°1 du 22 janvier 2019*. Récupéré de www.education.gouv.pdf
- Morge, L. et Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand, France : SCEREN et CRDP d'Auvergne.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1998). Analyse d'un problème de fonctions en termes de milieu : structuration du milieu pour le maître et pour l'élève. *Actes de l'université d'été de la Rochelle*. IREM de Clermont-Ferrand.
- Pinelli, P. (1994). Une séquence d'apprentissage en électrocinétique sous forme de situations-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 88(768), 1509-1525.

- Richoux, H. (2000). *Rôles des expériences quantitatives dans l'enseignement de la physique au lycée* (Thèse de doctorat). Lyon, France : LIRDHST.
Consulté le 08/11/12 de www.inrp.fr/Tecne/ressources/these_richoux.pdf
- Robardet, G. (1990) Enseigner les sciences physiques à partir de situations problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 84 (720), 17-28.
- Robardet, G. et Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané*, Paris, France : PUF, Coll.Pédagogies d'aujourd'hui.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. et Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Rapport pour la Commission européenne. En ligne : http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf
- Venturini, P. et Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*, 180, 95-120.