

DIFFICULTES POUR ENSEIGNER A PARTIR DU MONDE REEL COMME RESSOURCE : COMPARAISON FRANCO-ESPAGNOLE.

Richard CABASSUT

Formateur, Université de Strasbourg
LISEC - Université Paris 7
richard.cabassut@unistra.fr

Irene FERRANDO

Formatrice, Universidad de Valencia
Departamento de didáctica de las matemáticas
irene.ferrando@uv.es

Résumé

Nous présentons une recherche exploratoire sur les représentations d'acteurs de l'école primaire (stagiaires, professeurs, formateurs ...) par rapport à l'enseignement de la modélisation. Un questionnaire a été adressé à des enseignants français et espagnols sur différentes variables (conditions institutionnelles, expérience, formation, conditions d'enseignement, conception des mathématiques et de la modélisation, difficultés d'enseignement...). Nous présentons ici la problématique, les cadres théoriques et méthodologiques et les premiers résultats de cette recherche. L'analyse des réponses permet de préciser les difficultés rencontrées dans cet enseignement quant au temps, à l'organisation de la leçon, à l'évaluation, à la prise en compte des élèves, à l'environnement ... L'analyse en classes permet de dégager des types d'enseignants, ce qui permet d'interroger la conception de la formation et des ressources sur l'utilisation de problèmes issus du monde réel. En contrastant les conditions institutionnelles (notamment entre la France et l'Espagne) on interroge également la spécificité des difficultés rencontrées.

I - CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Différentes études (Blum & al. 2007, Stillman & al 2013), ont montré l'importance d'un enseignement des mathématiques à partir de problèmes issus du monde réel et des représentations des enseignants envers cet enseignement. En France les textes officiels de mathématiques de l'école primaire prescrivent le recours aux problèmes en lien avec le monde réel. Les programmes de 2016 en mathématiques pour la scolarité obligatoire française (MEN 2015, p.74) présentent dès le cycle 2 « modéliser » comme une des sept principales compétences travaillées. Les programmes précédents et les manuels de classe laissent apparaître la modélisation comme un objet d'enseignement (Cabassut, Wagner 2011 ; Cabassut, Ferrando 2014). C'est dire que le monde réel, à travers des situations issues de la vie courante, de la vie de la classe, ou des autres disciplines, est une véritable ressource pour l'enseignement des mathématiques à l'école primaire.

De nombreuses recherches ont montré que les représentations des enseignants jouent un rôle clé dans l'enseignement des mathématiques (Philipp 2007). Kaiser (2006) montre à propos des professeurs allemands que leurs croyances concernant les mathématiques sont une raison essentielle de la faible implication de la modélisation et de ses applications dans l'enseignement des mathématiques. Maass et Gurlitt (2009) montrent l'influence des croyances en mathématiques sur la conception, la sélection, la mise en œuvre et l'évaluation des tâches de modélisation. Lee (2012) remarque l'impact des connaissances et des croyances mathématiques sur l'interprétation et la mise en œuvre du programme. Borromeo et Blum (2013) signalent l'importance de l'expérience sur les motivations et les obstacles dans l'enseignement et de la formation de la modélisation. Ils étudient les difficultés d'enseignement de la

modélisation chez les professeurs allemands de l'école primaire : le temps, l'évaluation et les ressources sont les trois principaux domaines de difficultés. Mais nous n'avons pas trouvé d'étude comparable chez les professeurs français à l'exception du rapport de l'inspection générale sur l'enseignement des mathématiques au cycle 3 (IGEN 2006) qui observe que « les problèmes de vie courante tiennent une place insuffisante dans nombre de classes » (Ibid. p.59) et remarque les difficultés suivantes : « la mise en route de l'activité se révèle quelquefois délicate, les modalités de la recherche (travail par groupes, travail individuel) ne sont pas toujours adaptées, la formulation de la question posée n'est pas forcément assez précise et la régulation du travail (nature de l'intervention du maître) est parfois déficiente » (Ibid. p.42). C'est pourquoi nous proposons d'étudier quelles sont les représentations de la modélisation chez les professeurs de l'école primaire et quelles sont les difficultés exprimées par les professeurs pour enseigner la modélisation. Pour réaliser cette étude nous nous appuyons sur les cadres théoriques et les méthodologies suivants.

II - CADRES THEORIQUES ET METHODOLOGIE

Nous nous référons tout d'abord au cadre théorique sur la modélisation développé dans le cadre du projet LEMA de conception et mise en œuvre d'une formation à la modélisation d'enseignants de l'école primaire (Cabassut 2009). Nous adoptons la définition proposée par Maass (2006, p.15) « Modelling problems are authentic, complex and open problems which relate to reality. Problem-solving and divergent thinking is required in solving them »¹. Le questionnaire (Questionnaire 2015) proposé aux professeurs comporte donc une partie sur leurs conceptions de la modélisation.

Pour analyser les conceptions des enseignants nous adoptons le cadre théorique sur les conceptions de Philipp (2007, p.259) : « Knowledge - beliefs held with certainty or justified true belief [...]. Conception - a general notion or mental structure encompassing beliefs, meanings, concepts, propositions, rules, mental images, and preferences² ». Nous reprenons une partie du cadre théorique de l'étude LEMA précédemment citée en nous appuyant sur les croyances des professeurs, notamment dans le cadre de la théorie de l'auto-efficacité de Bandura (1997, p.765) qui estime que « plus l'efficacité perçue préexistante des individus est forte et plus les messages médiatiques augmentent les croyances en leur capacités, plus ces personnes ont de probabilités d'adopter des pratiques bénéfiques ». Les croyances des enseignants en leur auto-efficacité pour motiver les élèves et favoriser leur apprentissage est donc importante du point de vue de Bandura. C'est pourquoi le questionnaire comprendra des items sur l'auto-efficacité des enseignants du type « je me sens capable de ... » pour lesquels le répondant exprimera son accord ou son désaccord.

Nous utilisons également les niveaux de co-détermination didactique proposés par la théorie anthropologique du didactique (Chevallard 2002) pour repérer les conditions et les contraintes qui peuvent expliquer les difficultés des enseignants. Par exemple, concernant les croyances relatives à la modélisation et à son enseignement, Cabassut & Villette (2012) ont montré que le pays, l'âge, le type d'école pouvaient être des variables clivantes pour les croyances des enseignants et Borromeo & Blum (2013) mettent en évidence une différence entre les professeurs d'école qui ont suivi des études de mathématiques et les autres. C'est pourquoi nous adoptons une approche comparative (Cabassut 2007), entre l'Espagne et la France, ce qui permettrait de repérer d'éventuelles différences qui pourraient être expliquées par des différences institutionnelles et de mieux contraster ainsi le rôle des niveaux de co-détermination didactique.

Du point de vue méthodologique, nous procédons à une revue de la littérature des dernières années de certaines revues (Educational Studies in Mathematics, Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, Recherche en didactique des mathématiques, ICMI Studies) et d'actes de conférences (CERME, ICTMA,

1 Traduction des auteurs : Les problèmes de modélisation sont les problèmes authentiques, complexes et ouverts, qui sont en rapport avec la réalité. La résolution de problème et la pensée divergente sont requise durant leur traitement.

2 Traduction des auteurs : « Connaissance : « Conception : une notion générale ou une structure mentale englobant les croyances, les significations, les propositions, les règles, les images mentales et les préférences ».

SEMT, Copirelem) ainsi que des références révélées par les sources précédentes. Deux recherches basées sur des questionnaires portant sur l'enseignement de la modélisation ont été utilisées (Borromeo & Blum 2013 ; Cabassut & Villette 2012). Les principaux résultats ont été rappelés dans la partie précédente sur le contexte de cette recherche et servent à construire un questionnaire en ligne (Questionnaire 2015) à destination des étudiants, professeurs, formateurs, chercheurs et membres de la noosphère (inspecteurs, conseillers pédagogiques, auteurs de ressources) liés à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire, en France et en Espagne.

Le questionnaire se compose de 85 questions, la plupart à choix multiple, avec quelquefois une échelle de Lickert³ à quatre ou cinq degrés. Une seule question ouverte est relative aux difficultés de l'enseignement de la modélisation. Quatre parties composent le questionnaire : biographie du répondant, conceptions des mathématiques dans l'enseignement, conceptions et pratique de la modélisation, difficultés pour enseigner la modélisation. L'analyse des réponses au questionnaire s'effectue avec le logiciel SPAD : tri à plat, analyse en classes (Cabassut, Villette 2012), analyse textuelle.

Les variables sont les différentes réponses aux questions à choix multiples. L'analyse en classes s'effectue en prenant comme variables actives les variables liées aux difficultés dans l'enseignement sur la modélisation. Une fois les classes constituées, on observe à quelles classes se rattachent les autres variables, appelées variables illustratives (notamment les variables biographiques, celles sur les conceptions mathématiques, ou sur les conceptions et la pratique de la modélisation).

III - RESULTATS

Le premier résultat montre l'hétérogénéité des réponses, et notamment celles des professeurs de l'école primaire. Nous signalerons les distinctions des professeurs de l'école primaire lorsqu'elles paraîtront statistiquement significatives dans les parties « analyse en classes » et « croisement de variables ».

1 Tris à plat

De février à mars 2015, 231 professeurs ont répondu au questionnaire, dont 124 français et 107 espagnols répartis comme suit : 23 % relèvent de l'enseignement primaire, 54 % de l'enseignement secondaire et 23 % de l'enseignement supérieur. Parmi eux, 52 % sont des hommes. L'âge médian des répondants est de 42 ans ; le nombre médian d'années d'expérience est 15 ans. A propos des études des répondants, 25 % ont suivi des études en sciences de l'éducation, 58 % des études mathématiques et 15 % des études en sciences.

Concernant l'enseignement des mathématiques et de la modélisation, 57 % considèrent les conditions d'enseignement difficiles, 80 % comprennent les termes « problème de modélisation » (une définition est proposée dans la suite du questionnaire pour ceux qui ne les comprennent pas), et 58 % considèrent qu'ils utilisent dans leur enseignement des problèmes qui sont simultanément ouverts, complexes, reliés au monde réel, résolus à l'aide des mathématiques et utilisant une démarche d'investigation. 67 % sont motivés pour enseigner la modélisation.

Les principales difficultés sont reliées au temps, à l'implication des étudiants et aux ressources. Signalons les difficultés que plus de 50 % des répondants déclarent, par ordre décroissant de pourcentage de réponses.

- Pour 70 % des répondants il est difficile d'estimer la durée de résolution d'une tâche de modélisation.
- Pour 58 % la préparation de tâches de modélisation prend trop de temps.
- Pour 55 % les problèmes de modélisation demandent beaucoup de ressources, ce qu'il est possible de réaliser seulement avec beaucoup d'effort.
- Pour 54 % la plupart des étudiants ne savent pas quoi travailler dans les problèmes de modélisation.

3 Echelle de jugement avec laquelle le répondant exprime son degré d'accord ou de désaccord avec une affirmation.

- 51 % estiment ne pas avoir assez de matériel pour des problèmes de modélisation en classe.

Les aspects positifs sont relatifs à l'évaluation, l'organisation des leçons, et l'implication des élèves :

- Pour 77 % les problèmes de modélisation favorisent grandement l'autonomie des élèves.
- 57 % se sentent capables d'aider les élèves à développer des compétences en argumentant lors de problèmes de modélisation.
- 56 % se sentent capables d'utiliser les erreurs des élèves pour faciliter leur apprentissage de la modélisation.
- Pour 50 % les problèmes de modélisation favorisent à la fois les élèves avec les moins bons résultats et ceux qui ont les meilleurs résultats.

2 Analyse en classes

L'analyse en classes produit 4 classes. La première classe (74 individus, 32%) regroupe les répondants négatifs vis à vis de la modélisation, avec des difficultés en mathématiques et en modélisation. La deuxième classe (46 individus, 20%) rassemble les répondants positifs sur la modélisation, qui généralement ne ressentent pas de difficultés pour la modélisation. La troisième classe (85 individus, 37 %) représente les répondants qui sont positifs envers la modélisation et neutres sur les difficultés. La quatrième classe (24 individus ; 11 %) regroupe des répondants neutres sur la modélisation et sur ses difficultés. Décrivons plus en détail chaque classe.

2.1 Première classe : négative avec la modélisation et avec des difficultés

Dans cette classe, beaucoup plus que dans la population totale, les répondants ne se sentent pas capables de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation (par exemple les problèmes de validation), d'aider les élèves à développer des compétences en argumentant lors de problèmes de modélisation, de développer des critères détaillés (liés au processus de modélisation) pour l'évaluation et la notation des solutions des élèves aux problèmes de modélisation, de bien évaluer les progrès des élèves dans leur travail sur des problèmes de modélisation, d'utiliser les erreurs des élèves pour faciliter leur apprentissage de la modélisation, d'adapter les problèmes et les situations des manuels pour créer des problèmes ouverts réalistes. Beaucoup plus que dans la population totale, ils sont d'accord avec les affirmations suivantes :

- il est difficile, dans un problème de modélisation, d'évaluer la présentation d'une solution du problème de modélisation,
- pour les professeurs il est difficile, dans un problème de modélisation, de différencier ce qui est correct de ce qui ne l'est pas ;
- évaluer des problèmes de modélisation prend trop de temps ;
- pour les professeurs il est difficile, dans un problème de modélisation, d'évaluer le travail en groupes ;
- les solutions à un problème de modélisation trouvées par les élèves ou étudiants ne sont pas comparables ; la présentation des solutions est complexe ;
- les problèmes de modélisation requièrent des traitements complexes que les élèves de l'école primaire ne peuvent pas gérer ;
- il est difficile de gérer le travail en groupes dans une séance de modélisation ;
- les leçons de modélisation sont imprévisibles.

Si l'on décrit cette classe avec les variables illustratives, beaucoup plus que dans la population totale on trouve des enseignants du supérieur ou des formateurs. Beaucoup plus que dans la population totale, les répondants considèrent que :

- travailler en petits groupes, évaluer les élèves, utiliser une démarche d'investigation, utiliser des problèmes ouverts, avoir une classe hétérogène, est difficile dans l'enseignement des mathématiques (et pas seulement dans l'enseignement de la modélisation) ;

- il est important d'appliquer les programmes officiels ou la maquette de formation dans l'enseignement des mathématiques ;
- ils utilisent rarement des problèmes de modélisation, des problèmes résolus par une démarche d'investigation, ou des problèmes traitant des données authentiques ;
- ils ne sont pas d'accord qu'un problème de modélisation soit un problème ouvert.

Dans cette première classe plutôt négative par rapport à la modélisation et sensible aux difficultés, il est surprenant d'observer une sur-représentation des professeurs de l'enseignement supérieur et des formateurs. Ont-ils davantage conscience des difficultés ? Pourquoi ? Est-ce parce que le niveau des étudiants baisse et qu'ils se sentent obligés de s'investir dans des tâches d'entraînement et d'exercices ? Pourtant l'évaluation par projet semble présente dans la formation et l'enseignement supérieur. Les enseignants du primaire sont un peu moins représentés (15 % dans cette classe contre 23 % dans la population totale). Est-ce parce qu'au primaire on a plus l'habitude d'activités ouvertes sur la vie quotidienne et les autres disciplines ? Des entretiens approfondis essaieront de préciser ces éléments.

2.2 *Seconde classe : positive et sans difficultés avec la modélisation*

Dans cette classe, beaucoup plus que dans la population totale, ils ne sont pas d'accord sur le fait que :

- dans un problème de modélisation il est difficile d'évaluer le travail en groupes,
- la plupart des élèves ne savent pas quoi travailler dans les problèmes de modélisation,
- quand les professeurs enseignent la modélisation ils n'ont pas assez de temps pour les autres apprentissages,
- il est difficile de gérer le travail en groupes dans une séance de modélisation,
- les élèves sont difficiles à discipliner pendant la résolution d'un problème de modélisation,
- pour les professeurs il est difficile dans un problème de modélisation d'évaluer la présentation d'une solution du problème de modélisation,
- quand les élèves travaillent sur un problème de modélisation, l'environnement de la classe devient encore plus difficile,
- les problèmes de modélisation requièrent des traitements complexes que les élèves de l'école primaire ne peuvent pas gérer,
- évaluer des problèmes de modélisation prend trop de temps,
- les leçons de modélisation sont imprévisibles,
- dans un problème de modélisation il est difficile de différencier ce qui est correct de ce qui ne l'est pas,
- la présentation des solutions est complexe,
- résoudre des problèmes de modélisation en classe prend trop de temps.

Les répondants perçoivent donc moins de difficultés par rapport à l'ensemble de la population. Beaucoup plus que dans la population totale, les répondants de la classe se sentent capables de :

- concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation (par exemple les problèmes de validation),
- développer des critères détaillés (liés au processus de modélisation) pour l'évaluation et la notation des solutions des élèves aux problèmes de modélisation,
- bien évaluer les progrès des élèves dans leur travail sur des problèmes de modélisation,
- aider les élèves à développer des compétences en argumentant lors de problèmes de modélisation,
- concevoir ses propres problèmes de modélisation,
- adapter les problèmes et les situations des manuels pour créer des problèmes ouverts réalistes.

Si l'on décrit cette classe avec les variables illustratives, beaucoup plus que dans la population totale on trouve des répondants espagnols, ou motivés pour enseigner la modélisation, ou considérant comme facile dans l'enseignement des mathématiques (et pas seulement dans l'enseignement de la modélisation) d'utiliser le travail en petits groupes ou de l'évaluer, d'utiliser une démarche d'investigation, d'avoir une classe hétérogène. Ces répondants utilisent des problèmes de modélisation, des problèmes complexes, une démarche d'investigation, des problèmes ouverts ; ils considèrent comme important l'utilisation de problèmes ouverts ou le travail en petits groupes. C'est ici la seule classe où un pays (l'Espagne) est sur-représentée. Cabassut et Villette (2012) dans une comparaison européenne avec des professeurs inscrits à une formation continue sur l'enseignement de la modélisation avaient trouvé un résultat analogue : les professeurs espagnols étaient positifs envers l'enseignement de la modélisation. Les professeurs de l'école primaire représentent 19 % de cette classe (contre 23 % dans la population totale). Des entretiens approfondis pourraient rechercher les facteurs institutionnels ou culturels qui pourraient expliquer ces différentes caractéristiques.

2.3 Troisième classe : positive avec la modélisation et neutre avec les difficultés

Dans cette classe, beaucoup plus que dans la population totale :

- ils se sentent capables d'utiliser les erreurs des élèves ou des étudiants pour faciliter leur apprentissage de la modélisation,
- ils se sentent capables d'aider les élèves à développer des compétences en argumentant lors de problèmes de modélisation.
- Ils sont d'accord que les problèmes de modélisation favorisent grandement l'autonomie des élèves,
- Ils sont d'accord que les élèves acquièrent beaucoup de connaissances sur l'utilisation des mathématiques dans les problèmes de modélisation.

Beaucoup plus que dans la population totale, ils sont neutres :

- pour se sentir capable de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation (par exemple les problèmes de validation),
- pour se sentir capable d'adapter les problèmes et les situations des manuels pour créer des problèmes ouverts réalistes,
- pour se sentir capable de développer des critères détaillés (liés au processus de modélisation) pour l'évaluation et la notation des solutions des élèves aux problèmes de modélisation,
- sur le fait que la plupart des élèves ne savent pas quoi travailler dans les problèmes de modélisation,
- sur le fait qu'évaluer des problèmes de modélisation prend trop de temps,
- sur le fait que les leçons de modélisation sont imprévisibles.

Si l'on décrit cette classe avec les variables illustratives, beaucoup plus que dans la population totale on rencontre des répondants :

- hommes, ou professeurs de l'école secondaire,
- ayant suivi des études de mathématiques,
- qui comprennent la notion de modélisation,
- qui considèrent qu'un problème de modélisation est relié au monde réel.

En comparaison avec la classe précédente, comment expliquer la sur-représentation des professeurs du secondaire et des répondants qui ont suivi des études en mathématiques ? Y a-t-il un lien avec le fait qu'ils soient davantage neutres sur les difficultés ? Pourquoi les hommes sont-ils sur-représentés ? On observe également que les professeurs de l'école primaire sont 28 % dans cette classe (contre 23 % dans la population totale). Des entretiens approfondis pourraient éclairer ces caractéristiques.

2.4 Quatrième classe : neutre avec la modélisation et avec les difficultés

Beaucoup plus que dans la population totale ils sont neutres à propos des affirmations suivantes :

- les problèmes de modélisation favorisent grandement l'autonomie des élèves,
- la plupart des élèves ne savent pas quoi travailler dans les problèmes de modélisation,
- les élèves acquièrent beaucoup de connaissances sur l'utilisation des mathématiques dans les problèmes de modélisation,
- je me sens capable d'aider les élèves à développer des compétences en argumentant lors de problèmes de modélisation,
- les élèves reconnaissent souvent qu'il n'y a pas une solution unique,
- les élèves sont difficiles à discipliner pendant la résolution d'un problème de modélisation,
- les élèves ont des difficultés avec le fait qu'il y a beaucoup de solutions différentes dans les problèmes de modélisation,
- les problèmes de modélisation favorisent à la fois les élèves avec les moins bons résultats et ceux qui ont les meilleurs résultats,
- je me sens capable d'utiliser les erreurs des élèves pour faciliter leur apprentissage de la modélisation,
- il est difficile d'évaluer la présentation d'une solution du problème de modélisation, quand les élèves travaillent sur un problème de modélisation, l'environnement de la classe devient encore plus difficile,
- il est difficile de différencier ce qui est correct de ce qui ne l'est pas,
- quand j'enseigne la modélisation il ne me reste pas assez de temps pour les autres apprentissages,
- je me sens capable de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation,
- les solutions à un problème de modélisation trouvées par les élèves ou étudiants ne sont pas comparables,
- il est difficile d'évaluer le travail en groupes, les élèves peuvent avec l'ouverture des problèmes bien gérer les problèmes de modélisation,
- il est difficile de gérer le travail en groupes dans une séance de modélisation.

Si l'on décrit cette classe avec les variables illustratives, beaucoup plus que dans la population totale, on rencontre des répondants :

- stagiaires ou professeurs d'école primaire,
- qui ne comprennent pas les termes « problèmes de modélisation » (qui sont définis dans la suite du questionnaire),
- qui n'utilisent pas internet pour trouver des problèmes de modélisation,
- qui sont neutres concernant la motivation à enseigner la modélisation.

Est-ce que le fait de ne pas comprendre ce que signifie la modélisation les amène à se positionner de manière neutre ? Le manque d'expérience des stagiaires est-il une autre raison ? La sur-représentation des professeurs d'école primaire (46 % contre 23%) est plus surprenante. Des entretiens approfondis essaieront d'expliquer ces caractéristiques. Nous allons éventuellement conjecturer certaines dépendances en croisant certaines variables.

3 Croisement de variables

L'étude de lien de dépendance par test de chi deux, complété par le T de Tschuprov et le V de Cramer permet de conjecturer les dépendances suivantes et un essai d'explication. Les professeurs femmes se

sentent moins capables que les professeurs hommes pour concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation. Les professeurs espagnols se sentent plus capables que les professeurs français pour concevoir des problèmes de modélisation. Les difficultés des professeurs à propos de la démarche d'investigation en modélisation sont en liens avec celles liées au temps, à l'évaluation, à l'organisation des leçons et aux ressources. Les difficultés dans l'enseignement des mathématiques sont liées aux difficultés de modélisation en lien avec l'implication des étudiants.

Au niveau des professeurs de l'école primaire, il y a davantage de femmes, de jeunes et de professeurs moins expérimentés que dans la population totale des répondants (et notamment par rapport aux professeurs du secondaire). Concernant les conceptions et les pratiques, contrairement aux professeurs du secondaire, une majorité de professeurs de l'école primaire trouve facile la démarche d'investigation, propose souvent des problèmes de modélisation, recourt rarement à des collègues pour trouver des problèmes de modélisation. Concernant les difficultés, contrairement aux professeurs du secondaire, une majorité de professeurs de l'école primaire n'est pas d'accord que résoudre des problèmes de modélisation prend trop de temps, ou que la plupart des élèves ne savent pas quoi travailler dans les problèmes de modélisation ; une majorité de professeurs de l'école primaire est neutre sur le fait que la modélisation ne laisse pas assez de temps pour les autres apprentissages, ou sur le fait qu'il est difficile d'évaluer la présentation d'une solution de problème, ou sur le fait de se sentir capable de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation.

Des entretiens approfondis permettront d'analyser les justifications de ces conceptions et d'essayer alors d'expliquer d'éventuelles dépendances.

IV - ANALYSE TEXTUELLE

L'analyse en classes permet avec le logiciel SPAD de déterminer les meilleurs parangons pour chaque classe. Il est prévu des entretiens semi-directifs avec ces parangons pour expliciter les difficultés et les explications de ces difficultés. Donnons à titre d'illustration trois exemples d'extraits de réponses aux questions : En quoi l'enseignement de la modélisation est facile ou difficile ? Pourquoi ? Pour un professeur de l'école primaire « Des programmes trop contraignants qui laissent peu de place pour cela (l'enseignement de la modélisation). La gestion de classes à 2 cours rend cela difficile. » On voit que les contraintes concernent des niveaux de co-détermination didactique au niveau du programme de la discipline et de l'organisation scolaire (cours à deux niveaux). Pour le formateur d'enseignants du premier degré à temps partagé : « Pas assez formée et peu de situations proposées à mettre en place dans les classes ». Ici les contraintes sont au niveau de la formation de formateurs et des ressources disponibles. Cette préoccupation est d'actualité avec la mise en place des nouveaux programmes en 2017. Enfin au niveau de la noosphère, un conseiller pédagogique indique « Cela [l'enseignement de la modélisation] implique un certain degré d'abstraction qui ne s'acquiert que peu à peu dans le primaire ». Ici on évoque une appropriation culturelle qui se ferait sur le temps long, ce qui entre en résonance avec la notion actuelle de développement professionnel. Ces extraits illustrent l'intérêt de questions ouvertes qui permettront de compléter l'analyse des questions fermées. Le logiciel SPAD permet une analyse textuelle des questions ouvertes. Pour la question précédente « En quoi l'enseignement de la modélisation est facile ou difficile ? Pourquoi ? » les mots ou segments caractéristiques suivants apparaissent : pour les membres de la noosphère (inspecteurs, conseillers pédagogiques ...) « compétence » pour les français et « materias » pour les espagnols, pour les professeurs de l'école primaire « mettre en place » pour les français et « el tiempo » pour les espagnols, pour les professeurs du secondaire « des élèves » pour les français, et « bachillerato » pour les espagnols, pour les professeurs du supérieur « étudiants » pour les français et « dificultades » pour les espagnols. Des entretiens approfondis permettront d'enrichir cette analyse textuelle par un réseau de mots plus important.

V - CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Les difficultés concernant l'enseignement de la modélisation montrent d'abord une situation très hétérogène, distinguant quatre grandes classes : les négatifs envers la modélisation, rencontrant des difficultés en mathématiques et en modélisation, les positifs envers la modélisation, qui généralement ne ressentent pas de difficultés pour la modélisation, les positifs envers la modélisation et neutres sur les difficultés, les neutres sur la modélisation et sur ses difficultés. Chaque classe traverse les pays, les genres, les degrés d'enseignement, les études suivies, l'âge, l'expérience. On remarque que beaucoup d'enseignants ont un rapport positif à l'enseignement de la modélisation, ce qui encourage les échanges entre enseignants de conceptions différentes de manière à profiter des différents points de vue. Différentes dépendances quant au pays, au genre ou entre difficultés mathématiques et difficultés de modélisation méritent d'être approfondies par des entretiens semi-directifs ou par des questionnaires plus ciblés sur des échantillons représentatifs qui devraient tester les conjectures issues de ce questionnaire exploratoire. Des analyses plus fines ciblées sur des degrés d'enseignement (primaire, secondaire général ou technique, professionnel, supérieur) ainsi que sur des étudiants non stagiaires et des professeurs stagiaires sont en cours. De même la participation d'autres pays permettrait éventuellement de contraster le rôle des conditions institutionnelles qui n'a pas pu être mis en évidence clairement. Les collègues intéressés sont invités à prendre contact avec les auteurs.

VI - BIBLIOGRAPHIE

BANDURA A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. New York: Freeman and Company.

BLUM W., GALBRAITH P., HENN H.-W., NISS M. (Eds). (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education*. New York : Springer .

CABASSUT R. (2007). Examples of comparative methods in the teaching of mathematics in France and in Germany. In D. Pitta-Pantazi & G. Pilippou (Eds.) *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2423-2432). University of Cyprus: Larnaca, Cyprus.

CABASSUT R. (2009). Un exemple de formation continue à la modélisation dans le cadre du projet LEMA : description et problèmes rencontrés. Actes du XXXVe colloque COPIRELEM. Bombannes. IREM de Bordeaux.

CABASSUT R., VILLETTE J.-P. (2012). Un exemple d'analyse des croyances des enseignants envers l'enseignement de la modélisation. Colloque espace mathématique francophone EMF 2012 . Université de Genève.

CABASSUT R., FERRANDO I. (2014). Comparaison franco-espagnole de ressources sur l'enseignement de la modélisation. Actes du 40ème colloque COPIRELEM. IREM de Nantes.

CABASSUT R., FARRANDO I. (2015). Conceptions in France about mathematical modelling: exploratory research with design of semi-structured interviews. *Proceedings of 9th Congress of European society for research in mathematics education*. Charles University : Prague. <http://www.cerme9.org/products/wg6/>

CHEVALARD Y. (2002b). « Organiser l'étude. 3. Écologie & régulation », *Actes de la XIe école d'été de didactique des mathématiques (Corps, 21-30 août 2001)*, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 41-56

IGEN (2006). L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire. Rapport de l'inspection générale sur l'enseignement des mathématiques n° 2006-034 juin 2006. Ministère de l'éducation.

MAAB K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38 (2), 113-142.

MAAB K., GURLITT J. (2009). Designing a teacher-questionnaire to evaluate professional development about modelling. *Proceedings of 6th Congress of European society for research in mathematics education*. University of Lyon: France.

MEN (2015). Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). *Bulletin officiel de l'Education Nationale (BOEN) spécial n° 11* du 26 novembre 2015. Ministère de l'éducation.

QUESTIONNAIRE (2015) Le questionnaire est en ligne au lien suivant :

https://docs.google.com/forms/d/1cxBmLRrYvVK1YowG5lgkqv5oP6y6L7XD_zAcqLAgiEo/viewform

STILLMAN G. A., KAISER G., BLUM W., BROWN J. P. (Eds). (2013). *Teaching Mathematical Modelling: Connecting to Research and Practice*. New York: Springer.