UN EXEMPLE D'ANALYSE DES CROYANCES DES ENSEIGNANTS ENVERS L'ENSEIGNEMENT DE LA MODELISATION

Richard CABASSUT* – Jean-Paul VILLETTE**

Résumé – Le contexte international favorise le développement du thème de la modélisation dans l'enseignement des mathématiques. Le projet européen LEMA propose une formation à l'enseignement de la modélisation en mathématiques dès l'école primaire. Les participants à l'expérimentation de cette formation ont renseigné un questionnaire sur leurs croyances envers l'enseignement des mathématiques et de la modélisation. Nous présentons une analyse exploratoire de ces croyances pour mieux comprendre les conditions pour établir la confiance des enseignants dans un enseignement de la modélisation et formuler éventuellement des questions de recherche pour un programme de développement des pratiques de modélisation dans l'enseignement des mathématiques.

Mots-clefs : modélisation, croyance, enseignant, formation, enseignement

Abstract – The international context encourages the development of the theme of modeling in mathematics education. The European project LEMA offers training in the teaching of mathematical modeling from primary school. Participants in the experiment of this training completed a questionnaire on their beliefs about teaching mathematics and modeling. We present an exploratory analysis of these beliefs to better understand the conditions for establishing the confidence of teachers in teaching modeling and the possible formulation of research questions for a program to develop the practice of modeling in the teaching of mathematics.

Keywords: modeling, belief, teacher, training, teaching

Nous présentons d'abord le contexte de cette analyse sur les croyances des enseignants envers l'enseignement de la modélisation : une recommandation du parlement européen, les études de PISA et le programme du collège français au niveau institutionnel, et le projet européen LEMA[1] à l'origine de l'étude. Ensuite nous précisons le cadre conceptuel, les questions de recherche et la méthodologie qui ont structuré l'analyse. Enfin nous exposons les résultats de l'analyse en proposant quatre classes de professeurs, d'après leurs positions sur les croyances sur les mathématiques et l'enseignement et la confiance en soi. Nous terminons en discutant ces résultats et en proposant des conjectures à confirmer par une recherche ultérieure.

I. LE CONTEXTE

1. *Contexte institutionnel*

(Cabassut 2010) montre que le renouveau de l'enseignement de la modélisation dans trois pays européens, la France, l'Allemagne et l'Espagne, s'appuie sur une recommandation du parlement européen pour une formation tout au long de la vie (Parlement 2006) et sur les résultats des études PISA (OCDE 2006) où la mathématisation désigne le processus fondamental appliqué par les élèves pour résoudre des problèmes de la vie courante représenté par le cycle de modélisation de la figure 1.

* LDAR (EA 1547), Université Paris Diderot - IUFM, Université de Strasbourg – France – richard.cabassut@unistra.fr

** CNRS UMR 7522, Université de Strasbourg - France

[1] LEMA signifie Learning and Education in and through Modeling and Applications. Le site du projet est : www.lema-project.org

© Cabassut R., Villette J.-P. (2012) Un exemple d'analyse des croyances des enseignants envers l'enseignement de la modélisation. In Dorier J.-L., Coutat S. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle – Actes du colloque EMF2012* (GT5, pp. 668–677). http://www.emf2012.unige.ch/index.php/actes-emf-2012

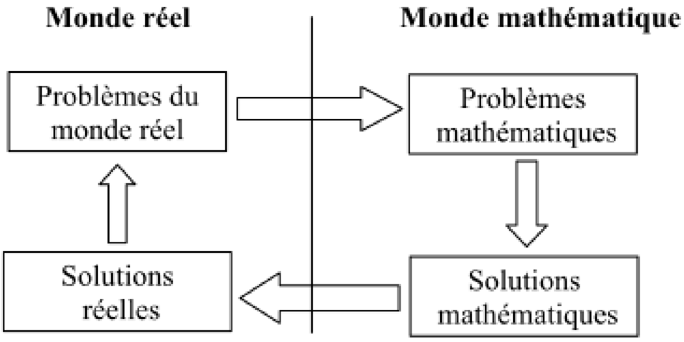

Figure 1 *- cycle de modélisation*

En France, le socle commun (BOEN 2006) se réfère explicitement aux recommandations du parlement européen et de PISA. Les programmes d'enseignement des mathématiques soulignent à tous les niveaux l'importance de la résolution des problèmes en lien avec la vie courante ou les autres disciplines, avec notamment la mise en place des thèmes de convergence au collège et des travaux personnels encadrés au lycée. Le programme de collège (BOEN 2008, p.4) affirme l'importance de la démarche d'investigation qui « présente des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et à celui des mathématiques », relevant similarités et différences :

> […] proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune d'entre elles, notamment en ce qui concerne la validation, par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre […]. Les mathématiques fournissent des outils puissants pour modéliser des phénomènes et anticiper des résultats, en particulier dans le domaine des sciences expérimentales et de la technologie.

On peut considérer que dans le cycle de modélisation on opère une démarche d'investigation extra-mathématique dans le monde réel, notamment lorsqu'on valide (à la manière des sciences expérimentales) les hypothèses[2] qui permettront de construire le modèle mathématique, ou l'interprétation de la solution mathématique en solution réelle. La validation des sciences expérimentales utilise le raisonnement de plausibilité : "si A alors B" est vrai et B est vrai donc A est davantage plausible ; la validation mathématique utilise le raisonnement de nécessité : "si A alors B" est vrai et A est vrai, donc B est nécessairement vrai. Un élément de complexité est, qu'en phase heuristique lors de la résolution d'un problème mathématique, le raisonnement de plausibilité peut amener à produire des conjectures mathématiques, mais la validation mathématique de ces conjectures ne se fera que par un raisonnement de nécessité. On voit donc que la modélisation est le lieu privilégié de la rencontre entre des démarches d'investigation des sciences expérimentales et des mathématiques : d'une part l'investigation des sciences expérimentales intervient dans la recherche des hypothèses, dans la validation du choix du modèle mathématique du problème de la réalité, dans l'interprétation

[2] On prend ici hypothèse dans le sens mathématique. Une hypothèse est une condition, sur le monde réel, que l'on suppose vraie mais dont on n'a pas établi qu'elle était vraie. Une hypothèse va permettre de produire un raisonnement conditionnel, sous cette hypothèse. En général on étaye la solidité d'une hypothèse par un raisonnement de plausibilité. Par exemple, on peut estimer qu'une photo est une réduction (au sens mathématique) de la réalité. Cependant on sait qu'avec les outils informatiques on peut rétrécir une photo seulement dans le sens de la hauteur, et dans ce cas on n'aura plus une réduction mais une affinité, pour laquelle on ne pourra plus appliquer les propriétés de proportionnalité. Nous distinguerons les hypothèses des faits. Les faits sont des données de la réalité établies comme vraies. Par exemple sur une photo, on peut mesurer les différents objets photographiés. Ces mesures seront des faits des photos des objets. Par contre, lorsqu'on en déduit la mesure réelle des objets photographiés en multipliant ces mesures par le coefficient d'agrandissement des photos d'objets en les objets réels, on utilise l'hypothèse que la réalité est un agrandissement de la photo.

des solutions mathématiques en solutions réelles et dans la validation des solutions réelles ; d'autre part l'investigation mathématique intervient dans la recherche du modèle mathématique, dans la recherche de solutions mathématiques au problème mathématique modélisant le problème du monde réel et dans la vérification des cohérences entre les solutions réelles et les hypothèses. Les programmes de collège (BOEN 2008, p.4) identifient d'ailleurs sept moments essentiels communs aux mathématiques et aux sciences dans la mise en œuvre de la démarche d'investigation dans l'enseignement.

2. Le projet européen LEMA

Les contextes international et national d'évolution des programmes d'enseignement des mathématiques valorisent donc la démarche d'investigation et la modélisation mathématique. C'est pourquoi le projet européen LEMA a produit de 2006 à 2009 une formation continue sur l'enseignement de la modélisation à destination des professeurs d'école et des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire. (Cabassut, Mousoulides 2009) propose une description de cette formation ainsi que le site du projet LEMA (www.lema-project.org). Cette formation continue a été expérimentée dans quatre pays partenaires du projet européen. Avant de participer à la formation, chaque professeur participant a renseigné un questionnaire relatif à sa biographie, et à ses croyances envers l'enseignement des mathématiques et de la modélisation. Nous allons présenter ici une analyse des réponses à ce questionnaire. Nous avons donc précisé le contexte institutionnel (international et national) lié à la démarche d'investigation et à la modélisation, et le contexte local lié au projet européen LEMA. Nous allons maintenant préciser le cadre conceptuel dans lequel nous formulerons les questions de recherche.

II. CADRE CONCEPTUEL ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Différents cadres théoriques sont utilisés. Concernant la modélisation, nous utilisons les références de PISA (OCDE 2007) qui base son cycle de modélisation (voir figure 1) sur les travaux de (Blum 1996). En fait, Blum insère un modèle réel entre le problème réel et le problème mathématique. Mais le cycle simplifié de PISA nous paraît suffisant pour décrire la distinction entre le monde mathématique, où a lieu la validation mathématique et le monde réel, où nous placerons les validations extra-mathématiques, du type de celles des sciences expérimentales, utilisant le raisonnement de plausibilité. On peut considérer avec (Maaß 2006, p. 117) que « les problèmes de modélisation sont des problèmes authentiques, complexes, en lien avec la réalité ». Concernant les croyances des professeurs envers l'enseignement des mathématiques voici des extraits du questionnaire basés sur les cadres conceptuels

- de (Grigutsch, Raatz et Törner 1998) sur les croyances des professeurs sur l'enseignement des mathématiques :

> Pour chacune des affirmations suivantes concernant les mathématiques à l'école dans vos leçons, marquez d'une croix x votre degré d'adhésion (cinq degrés sont proposés de « fortement pas d'accord » à « fortement d'accord ») :
> - les mathématiques à l'école sont un ensemble de procédures et de règles qui détermine précisément comment une tâche est résolue ;
> - les mathématiques à l'école sont très importantes pour la vie future des élèves ;
> - les aspects centraux des mathématiques de l'école sont le formalisme parfait et la logique formelle.

- de (Bandura 1997) sur les croyances des professeurs sur l'auto-efficacité et sur l'efficacité personnelle :

> Les affirmations ci-dessous décrivent des situations pertinentes pour l'enseignement avec une approche par la modélisation. Pour chaque situation veuillez évaluer combien vous êtes certain de pouvoir les gérer efficacement. Évaluez votre degré de confiance en indiquant un nombre entre 0 et 100 en utilisant le barème ci-dessous :
> Je me sens capable de faire la distinction entre les tâches de modélisation et d'autres tâches basées sur la réalité.
> Je me sens capable de concevoir mes propres tâches de modélisation.
> Je me sens capable de concevoir des leçons de modélisation qui aident les étudiants à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation (par exemple les problèmes de validation).

- de (Kaiser 2006) sur les connaissances et les croyances des professeurs sur la modélisation :

> Imaginez que vous enseignez à des élèves qui ont l'âge correct pour cette tâche. Les 5 questions suivantes sont toutes en rapport avec la tâche ci-dessous et toutes reliées entre elles.
> C'est le début des vacances d'été et il y a beaucoup de bouchons de circulation. Chris est en vacances en Allemagne et a été pris dans un bouchon de 20 km pendant 6 heures. Il fait chaud et elle a soif. Bien que la rumeur indique que la Croix Rouge est en train de distribuer de l'eau avec un petit chariot, Chris n'a rien reçu. Combien de temps la Croix Rouge a besoin pour fournir chacun en eau ?
> Cette situation est réellement survenue à l'un des partenaires du projet en 2006. La tâche a plusieurs solutions. Les élèves doivent réfléchir à combien de personnes sont prises dans ce bouchon et comment la Croix Rouge distribue l'eau. Les données peuvent être estimées ou évaluées statistiquement.
> Imaginez que vous enseignez à des élèves qui ont l'âge correct pour cette tâche.
> Marquer d'une croix x le degré de probabilité avec lequel vous utilisez ce type de tâche. (cinq degrés sont proposés de « pas du tout probable » à très probable).

Le questionnaire utilisé dans cet article n'a pas été conçu initialement pour cette analyse exploratoire. Il a été conçu pour évaluer les effets de la formation. Le présent article n'étudie pas les effets de la formation, ni la pertinence de ce questionnaire. On renvoie à (Maaß et Gurlitt 2009) pour une description de la conception du questionnaire à partir des différents cadres conceptuels et pour la mesure des effets de la formation. A partir des questionnaires renseignés nous essaierons de répondre aux questions de recherche suivantes : Quelles sont les croyances des professeurs envers l'enseignement de la modélisation ? Y a-t-il un lien entre ces croyances et leurs croyances envers l'enseignement des mathématiques ?

III. METHODOLOGIE : UNE ANALYSE EXPLORATOIRE

Nous utilisons l'analyse exploratoire, développée par (Tukey 1977) pour émettre des hypothèses, qui devront être confirmées par une analyse confirmatoire qui utiliserait la statistique inférentielle pour tester, dans une approche déductive, les hypothèses formulées. Au contraire, l'analyse exploratoire repose sur la statistique descriptive et utilise une approche inductive pour décrire la population (ici des professeurs ayant participé aux formations expérimentales) et formuler des hypothèses. Elle présente l'avantage d'éviter les contraintes de représentativité d'échantillon : en effet les participants à une formation ne sont pas un échantillon représentatif de la population des professeurs, d'autant que les conditions institutionnelles varient grandement d'un pays à l'autre : participant volontaire ou participant désigné par l'autorité scolaire ; stage pendant le temps de travail avec professeur remplacé ou stage hors du temps de travail ; stage pris en compte ou non pour l'avancement dans la carrière... La population étudiée des professeurs ayant participé à la formation expérimentale ne constitue pas un échantillon représentatif de la population des professeurs ou des professeurs qui participeront à la formation.

1. *La population étudiée*

La population étudiée est composée de 83 professeurs. Le questionnaire est composé de questions (variables) à choix multiples et de questions à réponses quantitatives. Les variables quantitatives sont reconditionnées en deux intervalles en utilisant la médiane pour les séparer. Nous séparons les variables en deux parties : les variables biographiques relatives à la biographie du professeur (pays, âge...), et les variables actives relatives au questionnaire avant la formation (à l'exception des variables biographiques).

2. *La méthode d'analyse*

Les données recueillies sont complexes : 50 variables à plusieurs modalités de réponses. Nous commençons avec une analyse multiple des correspondances sur les variables actives (36 variables avec deux possibilités de réponses, soit 2^{36} possibilités). Puis nous appliquons une classification hiérarchique ascendante (HAC ou analyse en classes) en utilisant les distances mesurées sur les premières coordonnées entre les professeurs sur les axes factoriels déterminés par l'analyse multiple des correspondances (MCA) . On identifie quatre classes ou groupes (clusters). Dans un groupe, les réponses actives clivantes sont celles dont les pourcentages moyens sont très différents entre le groupe et la population totale. Ces variables clivantes sont interprétées pour décrire chaque groupe.

On exclut des variables clivantes les variables biographiques (âge, sexe, type d'école, nationalité, niveau d'étude ...). Ces variables biographiques seront utilisées après la constitution des classes pour observer comment elles sont représentées dans chaque groupe.

On utilise le logiciel SPAD. Au départ, il y a une classe avec trois professeurs qui ont beaucoup de non réponses. Nous décidons de ne pas prendre en compte ces trois professeurs dans l'analyse en classes. Dans la nouvelle analyse en classes, il y a une classe avec un seul professeur. Nous répétons la procédure précédente et nous obtenons avec 79 professeurs une analyse avec quatre classes.

IV. LES CROYANCES DES PROFESSEURS

On observe une variété de positions sur les croyances et la confiance en soi. Pour décrire chaque classe on regarde la différence entre le pourcentage de réponse entre le groupe étudié et l'ensemble de la population.

1. *Première classe*

La première classe contient 13 enseignants avec les réponses clivantes suivantes, beaucoup plus répondues dans la classe que dans l'ensemble de la population. Les enseignants sont fortement d'accord sur les éléments suivants. Chaque élève crée ou recrée des parties des mathématiques. Il y a d'habitude plus d'une façon de résoudre des tâches et des problèmes mathématiques à l'école. Les élèves ayant l'âge correct pour la tâche de modélisation proposée sont capables de la résoudre. Cette tâche ne prend pas trop de temps. Si les élèves s'attaquent à des problèmes mathématiques, ils peuvent découvrir quelque chose de nouveau (liens, règles, méthodes). Les enseignants sont fortement pas d'accord sur les éléments suivants. Pour résoudre une tâche mathématique à l'école on doit connaître la procédure unique ou alors on est perdu. La pensée mathématique à l'école est la mémorisation et l'application des définitions, formules, faits mathématiques et procédures. Les mathématiques à l'école sont un ensemble de procédures et de règles qui détermine précisément comment une tâche est résolue. Les enseignants semblent moins confiants que l'ensemble de la population pour tous les items, et spécialement pour donner une rétroaction verbale efficace à des groupes et des élèves afin de les aider à modéliser, ou pour aider les étudiants à développer des compétences en argumentant lors de tâches de modélisation.

Les enseignants de cette classe paraissent positifs envers l'enseignement de la modélisation, exprimant un besoin de soutenir les étudiants dans la modélisation et ayant un esprit ouvert sur les croyances mathématiques à l'école, avec surtout des positions fortes principalement sur ces points (fortement en accord ou en désaccord).

2. Deuxième classe

La seconde classe regroupe 31 enseignants avec les réponses clivantes suivantes, beaucoup plus répondues que dans l'ensemble de la population. La plupart des enseignants se sentent moins confiants que la population entière pour enseigner la modélisation. Notamment ils se sentent moins capables de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de la modélisation (par exemple les problèmes de validation). Ils se sentent moins capables d' utiliser les erreurs des élèves pour faciliter leur apprentissage de la modélisation. Ils se sentent moins capables de bien évaluer les progrès des élèves dans leur travail sur des tâches de modélisation, d'adapter les tâches et les situations des manuels pour créer des problèmes ouverts réalistes, et de concevoir leurs propres tâches de modélisation.

Dans cette classe les enseignants semblent moins confiants pour enseigner la modélisation.

3. Troisième classe

La troisième classe contient 14 enseignants avec les réponses clivantes suivantes, beaucoup plus répondues que dans l'ensemble de la population. Ils sont fortement d'accord que la pensée mathématique à l'école est la mémorisation et l'application des définitions, des formules, des faits mathématiques et des procédures. Ils sont fortement en désaccord que les mathématiques à l'école sont utiles pour aider les individus à devenir des citoyens critiques responsables, qu'il est possible pour des étudiants de découvrir et d'essayer beaucoup de choses en mathématiques à l'école, que les mathématiques à l'école aident à comprendre des phénomènes de différents domaines de la société. Beaucoup plus que dans toute la population, ils sont neutres sur l'affirmation que les mathématiques sont d'une utilité générale et fondamentale pour la société, qu'il y a d'habitude plus d'une façon de résoudre des tâches et des problèmes mathématiques à l'école, ou que les mathématiques de l'école aident à résoudre les tâches et les problèmes quotidiens. A propos de la confiance en soi, il y a une variation en fonction des items, parfois ils sont moins confiants que l'ensemble de la population, parfois plus à l'aise, sans fortes différences.

Les enseignants de cette classe paraissent conservateurs à propos des mathématiques à l'école et sont moins ouverts pour appliquer les mathématiques de l'école à la vie.

4. Quatrième classe

Le quatrième groupe se compose de 21 enseignants. Pour tous les items de confiance en soi, ces enseignants se sentent davantage capables que l'ensemble de la population, et spécialement de concevoir des leçons de modélisation qui aident les élèves à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de la modélisation (par exemple les problèmes de validation), de concevoir leurs propres tâches de modélisation, de bien évaluer les progrès des élèves dans leur travail sur les tâches de modélisation, d'élaborer des critères détaillés (liées au processus de modélisation) pour l'évaluation et la notation des solutions des élèves aux problèmes de modélisation, d'utiliser les erreurs des élèves pour faciliter leur apprentissage de la modélisation, d'aider les étudiants à développer des compétences en argumentant lors des tâches de modélisation, de donner une rétroaction verbale efficace à des groupes et des élèves afin de les aider à modéliser. Ils sont fortement d'accord dans l'avenir pour recourir à une approche par la modélisation dans leur enseignement.

Les enseignants de cette classe paraissent très confiants pour enseigner la modélisation.

V. VARIABLES BIOGRAPHIQUES ET CLASSES

Nous pouvons observer maintenant comment les réponses biographiques (sexe, âge, pays ...) sont réparties dans les classes. Nous repérons quelles sont les principales différences entre le pourcentage des réponses biographiques dans la classe et le pourcentage des réponses biographiques de l'ensemble de la population. Lorsqu'une réponse biographique est sur-représentée (ou sous-représentée) dans une classe, on dit que la variable est clivée par la classe. Nous allons essayer d'interpréter la relation entre la biographie et les classes. Mais il est clair qu'on peut trouver le même âge, le même pays ou le même type d'école clivés dans différentes classes.

1. Première classe

Les jeunes enseignants et les professeurs français sont plus nombreux dans ce groupe que dans l'ensemble de la population. Au contraire les enseignants hongrois, du secondaire, plus âgés, ou avec un nombre élevé d'années d'enseignement, sont moins nombreux. Les enseignants de cette classe paraissent positifs envers l'enseignement de la modélisation, exprimant un besoin de soutenir les étudiants dans la modélisation et ayant un esprit ouvert sur les croyances mathématiques à l'école, avec surtout des positions fortes principalement sur ces points (fortement en accord ou en désaccord). Les jeunes enseignants pourraient être d'esprit plus ouverts, car leur formation est plus axée sur la pédagogie de l'éducation et sur la didactique, champs de recherche plus récents et introduits plus récemment dans les formations, que les formations plus anciennes. En France, la résolution de problèmes joue un rôle principal dans l'enseignement des mathématiques. De plus, les professeurs de français du cours de formation étaient des professeurs de l'école primaire où les problèmes de la vie quotidienne sont très importants dans le programme officiel (Cabassut et Wagner 2009). Les enseignants hongrois sont moins présents peut-être parce que leur système scolaire est plus traditionnel (Vancso et Ambrus 2009), (Andrews 2010, pp. 17-18). Les enseignants du secondaire sont aussi moins présents peut-être parce que leurs enseignements sont plus axés sur des contenus mathématiques déconnectés d'activités de modélisation.

2. Deuxième classe

Les enseignants du secondaire, les professeurs allemands, les enseignants plus âgés sont plus nombreux dans ce groupe que dans l'ensemble de la population. Au contraire, les enseignants de l'école primaire et les jeunes enseignants sont moins nombreux.

Les enseignants de ce groupe semblent moins confiants pour enseigner la modélisation, et modérément ouverts à la modélisation. Les enseignants du secondaire sont peut-être plus axés sur le contenu mathématique que les enseignants du primaire et ont une pression institutionnelle pour réaliser le programme officiel. Les professeurs allemands ont connu un grand changement dans leur programme d'études en 2009, où la modélisation devient une idée directrice (Garcia et al. 2007). Ce changement officiel pourrait les rendre ouverts à la modélisation, mais moins confiants parce que c'est une idée nouvelle dans le programme. Les enseignants plus âgés pourraient également être moins à l'aise, si la modélisation correspond à un nouvel enseignement.

3. *Troisième classe*

Les enseignants plus âgés, les enseignants avec un nombre élevé d'années d'enseignement, les enseignants hongrois, les enseignants qui ont étudié les mathématiques au niveau universitaire, les enseignants du secondaire sont plus nombreux dans ce groupe que dans l'ensemble de la population. Au contraire les enseignants allemands, espagnols, avec un faible nombre d'années d'enseignement, les jeunes enseignants sont moins nombreux.

Les enseignants de cette classe paraissent conservateurs à propos des mathématiques à l'école et sont moins ouverts pour appliquer les mathématiques de l'école à la vie. Les enseignants plus âgés ayant une longue expérience pourrait avoir un comportement plus conservateurs que les enseignants jeunes et moins expérimentés. La Hongrie semble avoir un enseignement traditionnel et théorique des mathématiques comme évoqué précédemment.

4. *Quatrième classe*

Les jeunes enseignants, les professeurs espagnols, les enseignants du primaire sont plus nombreux dans ce groupe que dans l'ensemble de la population. Au contraire, les enseignants plus âgés, les enseignants avec un nombre élevé d'années d'enseignement, les professeurs allemands ou, les enseignants du secondaire sont moins nombreux.
Les enseignants de cette classe paraissent très confiants pour enseigner la modélisation. Les jeunes enseignants, mieux formés aux questions pédagogiques et didactiques, ou les enseignants espagnols pour des raisons culturelles (Garcia et al. 2007) sont peut-être plus confiants. Les enseignants du primaire, du fait de leur polyvalence, davantage habitués aux activités interdisciplinaires, sont plus confiants pour enseigner la modélisation. Nous avons expliqué dans la deuxième classe, pourquoi les enseignants allemands, les enseignants plus âgés ou les enseignants du secondaire pourraient être moins confiants pour enseigner la modélisation. Avec la quatrième classe, nous observons que les jeunes enseignants ou des enseignants du primaire semblent être plus ouverts à la modélisation.

VI. DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette analyse exploratoire des croyances sur l'enseignement des mathématiques et sur l'enseignement de la modélisation semble inciter à formuler les conjectures suivantes. Certaines conjectures sont liées à la relation entre croyances sur l'enseignement des mathématiques et sur l'enseignement de la modélisation :

- une conception de l'enseignement des mathématiques assez théorique, peu orientée vers les applications dans la vie citoyenne et en société, n'est pas associée à un manque de confiance pour enseigner la modélisation ;
- une conception ouverte vers l'enseignement de la modélisation est compatible avec un manque de confiance pour l'enseigner.

Si ces deux conjectures sont vérifiées, cela signifie que l'enjeu pour développer l'enseignement de la modélisation n'est pas d'essayer des modifier des croyances sur l'enseignement des mathématiques mais plutôt d'analyser les manques de confiance et d'essayer d'y répondre par des contenus ciblés de formation initiale ou continue ou de ressources. Les cibles peuvent être variées : conception de cet enseignement, aide aux élèves, évaluation des élèves...

D'autres conjectures semblent montrer la coexistence d'enseignants plutôt confiants avec des enseignants moins confiants dans l'enseignement de la modélisation. On pourrait questionner l'intérêt d'un travail collaboratif entre pairs pour mettre à l'épreuve cette confiance dans des analyses des pratiques et des ressources professionnelles des uns et des autres.

Concernant les variables biographiques il faudrait confirmer des conjectures sur des facteurs explicatifs biographiques, et s'il y a confirmation les expliquer. Y a-t-il des éléments culturels liés par exemple aux systèmes de formations nationaux ? Dans ces éléments culturels la polyvalence des professeurs joue-t-elle un rôle ? Pourquoi l'âge jouerait un rôle moins favorable à l'enseignement de la modélisation ? En quoi le type d'école primaire/secondaire joue ? Cependant il ne faut pas oublier qu'un premier enseignement de cette étude exploratoire est de confirmer la complexité des variables biographiques qui se répartissent dans les différentes classes : il y a une hétérogénéité des professeurs, y compris au sein d'un même ensemble national, qui ne fait pas apparaître de relations simples entre variables biographiques et variables actives, et qui suggère une étude plus approfondie.

Le questionnaire était adressé à des enseignants de mathématiques, éventuellement polyvalents. Serait-il intéressant d'adapter ce questionnaire à des enseignants n'enseignant pas les mathématiques ? Dans la plupart des pays les maîtres de l'école primaire qui enseignent les mathématiques sont polyvalents. Il serait intéressant de mener une étude spécifique à l'école primaire pour voir dans quelle mesure cette polyvalence peut être une aide à un premier enseignement de la modélisation, et comment les croyances des enseignants de l'école primaire sont structurées par rapport à cette polyvalence.

REFERENCES

Andrews P. (2010) A comparison of Hungarian and English mathematics teachers'professional goals: Manifestations of implicit cultural expectations. In Gagatsis A., Rowland T., Panaoura A., Stylianides A. (Eds.) (pp. 5-20) *Mathematics education research at the University of Cyprus and the University of Cambridge: A symposium.* Lefkosia : School of Social Sciences and Sciences of Education, the University of Cyprus.

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

Blum W. (1996) Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. *Mathematische Semesterberichte* 32(2), 195-232.

BOEN (2008) Programmes du collège. Programmes de l'enseignement de mathématiques. *ETBulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008*.

Cabassut R., Wagner A. (2009) Roles of knowledge in the teaching of modelling at primary school through a French-German comparison. Paper presented at *the 14th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications.* University of Hamburg.

Cabassut R., Mousoulides N. (2009) Theoretical Considerations for Designing and Implementing a Teacher Training Course on Mathematical Modeling: Insights from a French-Cypriot Comparison. In Gagatsis A. et al. (Eds.) *Cyprus and France research in mathematics education.* Lefkosia : University of Cyprus.

Cabassut R. (2007) Examples of comparative methods in the teaching of mathematics in France and in Germany. *Proceedings of 5th Congress of European society for research in mathematics education.* Larnaca, Cyprus.

Cabassut R. (2009) The double transposition in mathematisation at primary school. *Proceedings of 6th Congress of European society for research in mathematics education.* Lyon, France.

Cabassut R. (2010) Impact sur l'enseignement et la formation des évaluations internationales à grande échelle à partir de l'exemple de PISA. In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et développement, enjeux de société et de formation.* Actes du colloque EMF2009. Revue internationale Francophone, numéro spécial.

Garcia F. J., Wake G., Maaß K. (2007) Theory meets practice: working pragmatically within different cultures and traditions. P*aper presented at* the 13th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications. University of Hamburg.

Grigutsch S., Raatz U., Törner G. (1998) Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. *Journal für Mathematikdidaktik* 19 (98), 3-45.

Kaiser G. (2006) The mathematical beliefs of teachers about application and modeling results of an empirical study. *30th PME conference*. Prague.

Maass K. (2006). What are modeling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 38(2).

Maaß 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.* Lyon, France.

PISA (2006) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA.* Publisher : OECD.

Tukey J. (1977) *Exploratory Data Analysis.* Reading, Massachusetts : Addison-Wesley.

Vancsó Ö., Ambrus G. (2009) Teaching mathematical modeling in Hungarian schools based on some national traditions. Paper presented at *the 14th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications.* University of Hamburg.