

Améliorer l'enseignement des mathématiques

Le cas de la Suède

Improving the teaching of mathematics The Swedish example

Mejorar la enseñanza de las matemáticas El caso de Suecia

Jesper Boesen et Ola Helenius

Traducteur : Valérie Téhio



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ries/684>

DOI : 10.4000/ries.684

ISSN : 2261-4265

Éditeur

Centre international d'études pédagogiques

Édition imprimée

Date de publication : 1 septembre 2009

Pagination : 91-101

ISSN : 1254-4590

Référence électronique

Jesper Boesen et Ola Helenius, « Améliorer l'enseignement des mathématiques », *Revue internationale d'éducation de Sèvres* [En ligne], 51 | septembre 2009, mis en ligne le 01 septembre 2012, consulté le 10 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/ries/684> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ries.684>

Améliorer l'enseignement des mathématiques

*Le cas de la Suède**

Jesper Boesen
Ola Helenius

Le gouvernement suédois a décidé en 2003 de réunir un comité national chargé des mathématiques, la délégation Mathématiques (*Matematikdelegationen*, 2004). Le mandat confié à la délégation couvre l'ensemble du système éducatif: préscolaire, enseignement obligatoire, secondaire supérieur, secondaire pour les adultes, enseignement supérieur général et formation des adultes. Sa tâche principale est de proposer des mesures pour valoriser les mathématiques et renforcer leur enseignement. Modifier les attitudes, accroître l'intérêt pour la discipline et améliorer l'enseignement sont au cœur de cette politique.

Le plan d'action suédois pour les mathématiques est structuré autour de quatre aspects: développer l'image des mathématiques et l'intérêt pour la discipline à tous les niveaux et par tous les moyens et méthodes; former et renforcer les compétences des enseignants qualifiés pour tous les niveaux d'enseignement grâce à la formation initiale et continue; accompagner les enseignants et les établissements pour qu'ils puissent améliorer leur enseignement et l'apprentissage; mettre constamment l'accent sur les objectifs, les finalités, les contenus et les évaluations de l'enseignement des mathématiques

Cet article met l'accent sur les actions nationales planifiées et entreprises en Suède pour renverser une évolution négative observée notamment à travers les résultats des élèves suédois dans les enquêtes internationales et parvenir aux objectifs souhaités.

INTÉRÊT POUR LES MATHÉMATIQUES ET ACQUIS DES ÉLÈVES

Les résultats des études comparées internationales donnent une représentation assez complexe de l'intérêt des élèves et des étudiants pour les mathématiques et du plaisir qu'ils ont à les étudier, ainsi que de l'impact que cet intérêt et ce plaisir peuvent avoir sur l'apprentissage et les résultats. Les études de l'OCDE montrent que les élèves sont en général très positifs en ce qui

* Article traduit par Valérie Tehio.

concerne la lecture mais qu'ils ont moins d'enthousiasme pour les mathématiques. Dans de nombreux pays, moins de la moitié des étudiants intéressés par les mathématiques ont envie de suivre un cours dans cette matière. Les mathématiques apparaissent comme « bonnes à savoir » mais peu agréables à étudier.

D'importantes différences apparaissent entre les pays quant à l'intérêt pour les mathématiques enseignées et, de façon surprenante, quelques pays ayant de bons résultats dans ce domaine, sont caractérisés par un faible intérêt pour la discipline. Des différences similaires peuvent être repérées dans les résultats du projet ROSE¹ concernant l'intérêt pour la science et de la technologie. La comparaison et l'interprétation de résultats qui sont liés à des valeurs est délicate entre des pays et des cultures différents : la tendance à déclarer de l'intérêt ou du plaisir à étudier une discipline est largement biaisée, culturellement. Cependant, les résultats montrent que, dans chaque pays, les étudiants qui manifestent le plus d'intérêt et de plaisir réussissent aussi le mieux.

Dans le rapport sur PISA 2003, la Suède était légèrement au-dessus de la moyenne OCDE en mathématiques, ce qui était aussi le cas de PISA 2000 – mais dans PISA 2006, elle se trouvait juste à la moyenne – ce qui contrastait fortement avec sa voisine, la Finlande, qui obtenait les meilleurs résultats (Skolverket, 2004).

La Suède a réalisé une grande évaluation nationale de l'enseignement obligatoire en 2003, qui a démontré une détérioration problématique des connaissances mathématiques des élèves depuis le début des années quatre-vingt-dix. Les études ont également mis en évidence de sérieuses insuffisances en mathématiques dans le secondaire supérieur et en première année d'université dans les filières technologiques et de sciences naturelles (Helenius & Tengstrand, 2005). A noter parallèlement : la proportion d'enseignants ayant les qualifications requises pour enseigner les mathématiques a également diminué (Skolverket, 2003).

LES MATHÉMATIQUES : UNE COMPÉTENCE CLÉ POUR DES CITOYENS ACTIFS

Par le passé, les mathématiques enseignées à l'école étaient principalement associées au calcul. Dans l'éducation suédoise, la discipline était par exemple presque totalement organisée autour du calcul et de l'arithmétique élémentaire jusqu'en 1850. Mais la discipline s'est transformée et est devenue plus intéressante aujourd'hui, dans un contexte général de plus grande attention à l'enseignement scientifique.

Le savoir moderne en mathématiques est à multiples facettes et recouvre un savoir théorique aussi bien que des compétences spécifiques. La

1. ROSE : *Relevance of Science Education*, projet de recherche international piloté par l'Université d'Oslo.

perspicacité et le jugement sont nécessaires pour mesurer le rôle des mathématiques dans l'histoire, dans la société contemporaine et la culture, en tant que langage scientifique et outil de modélisation théorique et en tant qu'entreprise humaine majeure liée aux humanités et aux beaux arts.

Être un citoyen dans une démocratie moderne complexe requiert des compétences mathématiques plus élaborées que le simple calcul utile pour faire ses courses ou l'arithmétique quotidienne. Comprendre et utiliser des formes différentes de mathématiques dans l'argumentation politique et économique, porter un jugement critique sur la nature des éléments de mathématiques intégrés à la société moderne sont des compétences vitales pour un citoyen actif. Dès lors, définir et mettre en œuvre un programme d'enseignement des mathématiques précisément et soigneusement planifié, avec des objectifs élevés et en assurant un accompagnement de tous est crucial en vue d'une éducation inclusive.

En Suède, le curriculum national de 1994 contient une description de la discipline et du sens donné à l'enseignement des mathématiques, qui met l'accent sur trois principes de base. Le premier est que les mathématiques sont de nature abstraite mais qu'elles naissent d'un processus d'observation et de description de similarités entre des phénomènes par des objets mathématiques. Il s'agit là d'une caractérisation des mathématiques comme science des modèles abstraits, telle que la définit Keith Devlin (Devlin, 1997). Nous extrayons parfois des modèles du monde extérieur, à la fois physique, biologique et sociologique, mais aussi du monde intérieur de nos propres esprits et pensées. Ce processus d'abstraction conceptuelle a une longue histoire dont les premières contributions remontent à de nombreuses cultures anciennes, et il a été successivement soutenu et renforcé par le développement parallèle d'un langage symbolique international des mathématiques marqué par sa grande précision, son efficacité et son opérationnalité. Le curriculum suédois met cet aspect en valeur, en valorisant l'entreprise humaine qui est au cœur de ce développement.

Le second principe est lié au rôle important de la résolution de problème dans l'activité mathématique. Ici, c'est la créativité et l'investigation qui sont mises en avant, mais aussi l'importance de la connaissance des concepts et méthodes mathématiques. Sur ce point, il est intéressant de noter que le développement des mathématiques a aussi été inspiré par les sciences expérimentales. D'où l'idée que le travail mathématique entrepris par les élèves à l'école devrait avoir des éléments communs avec la manière de faire des sciences, point sur lequel nous reviendrons dans cet article en faisant le lien entre les mathématiques et l'enseignement scientifique.

Un point important est que les problèmes mathématiques peuvent provenir du monde concret ou de phénomènes internes aux mathématiques et sans lien avec le monde concret. Dans ce dernier cas, le problème doit être modélisé selon des terminologies et des méthodologies mathématiques et les

solutions doivent être évaluées en fonction du problème de départ, ce qui nous conduit au dernier principe qui caractérise les mathématiques dans le curriculum suédois, à propos des applications des mathématiques.

Beaucoup de problèmes peuvent être résolus dans leurs contextes concrets, mais il est parfois nécessaire de les extraire de leur contexte et de leur donner une interprétation mathématique. Ce processus de modélisation peut être développé pour résoudre des problèmes dans une grande variété de contextes, qu'il s'agisse de problèmes du quotidien, de problèmes de société ou des nombreux domaines scientifiques où la place toujours plus grande de l'informatique élargit le champ de ce qu'il est possible d'étudier avec les mathématiques. L'importance de ce processus de modélisation constitue le troisième principe.

Les représentations des mathématiques mises en avant dans ce curriculum fournissent une bonne base pour promouvoir un enseignement des mathématiques à l'école dépassant le simple fait de savoir compter correctement mais recouvrant une compétence générique aux multiples aspects, incluant la capacité à résoudre et à modéliser des problèmes, à comprendre et à communiquer des concepts, ainsi qu'à raisonner conceptuellement, à choisir efficacement des procédures et à apprécier le rôle des mathématiques dans l'histoire, la science, la culture, le travail et la société. Dans cette perspective, l'éducation ne doit pas coller étroitement à une construction imaginaire correspondant à un futur prédéfini, ce qui entre en conflit avec les principes fondamentaux de la démocratie et se révèle contre-productif. Nos citoyens sont ou devraient être les principaux acteurs de l'avenir de nos sociétés et des sciences, dans une action créative collaborative et imprévisible par nature. Un vaste savoir mathématique fait sur ce point partie d'un grand héritage culturel essentiel pour l'estime de soi, la créativité et le développement, à la fois personnel et de la société.

LA DÉLÉGATION MATHÉMATIQUES

En 2003, un comité national – la délégation Mathématiques – a été institué par le gouvernement suédois afin de définir un plan d'action national dont la finalité était de développer l'intérêt pour les études mathématiques.

L'ambition affichée était de renverser la tendance négative observée notamment à travers les résultats médiocres des élèves suédois dans les enquêtes internationales, tendance qui n'est pas encore modifiée. La délégation a remis son rapport final en septembre 2004. Les réactions des instances consultées aux analyses et aux plans d'action de la délégation ont toutes été positives. Le rapport se fonde sur un certain nombre de principes :

- mettre en valeur le rôle et le sens des mathématiques ;
- prêter une attention particulière aux premières rencontres des enfants avec les mathématiques ;
- proposer des mathématiques qui aient du sens pour tous ;

- investir dans la formation des professeurs ;
- encourager l'innovation ;
- renforcer la coopération entre les différents acteurs éducatifs ;
- soutenir et coordonner les actions positives.

Le plan d'action énonçait quatre grandes propositions, dix-huit sous-propositions et plus de cent cinquante recommandations concrètes de mise en œuvre.

QUATRE PROPOSITIONS MAJEURES

Ces propositions portaient sur les domaines suivants : la société et le public en général, la formation et le développement professionnel des enseignants, le développement de l'école et les objectifs, les contenus d'enseignement et leur évaluation. Les propositions n'étaient pas seulement destinées aux responsables des agences centrales, des autorités, des établissements d'enseignement supérieur ou des écoles, elles étaient aussi destinées aux parents, aux organisations, aux institutions, aux associations et réseaux qui constituent la société et en particulier au monde des affaires.

Proposition 1

Soutenir et développer des activités pour accroître l'intérêt pour les mathématiques et donner une représentation plus claire de la valeur, du rôle et de la signification des mathématiques dans la vie quotidienne et professionnelle, la science et la société.

La première des propositions couvre des questions portant sur les attitudes et les opinions liées aux mathématiques et à leur usage dans la société, au travail et dans la vie quotidienne.

Il s'agit bien de modifier l'image traditionnelle des mathématiques dans ces contextes. Le cœur de cible est donc principalement constitué par les parents, les jeunes issus de familles peu scolarisées.

Les sous-propositions se déclinent ainsi :

- disséminer des exemples de développement et d'utilisation des mathématiques qui peuvent être sources d'inspiration ;
- créer de nouvelles opportunités d'offrir une éducation mathématique pour tous ;
- enrichir l'image des mathématiques dans les médias de masse ;
- investir dans la coopération dans le domaine des mathématiques entre la vie professionnelle et les écoles ;
- soutenir la recherche sur les attitudes à l'égard des mathématiques dans la société et dans le secteur éducatif.

Proposition 2

Former des enseignants qualifiés en mathématiques pour tous les niveaux d'études, pour les enfants, jeunes et adultes.

Cette deuxième proposition touche la formation initiale des enseignants en mathématiques au niveau du préscolaire, de l'école, de l'enseignement supérieur et de la formation des adultes ainsi que la formation continue des enseignants au niveau national et régional. La part « théorique » de la formation initiale des enseignants doit elle aussi évoluer vers des contenus liés au monde du travail et à la professionnalisation, en s'appuyant sur des exemples concrets. Les enseignants spécialisés pour les publics à besoins spécifiques, du préscolaire au secondaire supérieur, devront recevoir des formations adaptées pour l'enseignement des mathématiques. Il s'agit également d'améliorer les compétences des enseignants, en ce qui concerne la pédagogie et la didactique des mathématiques.

Les sous-propositions se déclinent ainsi :

- améliorer le recrutement des enseignants et faire évoluer la part des mathématiques dans la formation initiale ;
- développer la formation de base des enseignants en mathématiques à tous les niveaux ;
- soutenir la formation continue et le développement des capacités professionnelles ;
- accroître l'aide financière allouée à la recherche sur la formation des enseignants et le développement des compétences.

Proposition 3

Soutenir et coordonner toutes les actions positives favorisant la promotion d'un meilleur enseignement et apprentissage des mathématiques.

La troisième proposition vise à améliorer l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Ainsi, les enseignants doivent pouvoir développer des méthodes de travail originales. Les réseaux de chefs de départements doivent soutenir et disséminer les bonnes pratiques et les initiatives locales. Le développement de projets et de recherches en enseignement et apprentissage doit être valorisé et leurs résultats disséminés et discutés par les enseignants de la discipline.

Les sous-propositions se déclinent ainsi :

- développer des programmes à distance pour le développement de compétences des enseignants de tous les niveaux ;
- mettre en place des projets de développement en mathématiques pour les étudiants et enseignants de tous les niveaux ;
- créer et animer un portail internet offrant une information complète et accessible sur les ressources disponibles ;

- développer et animer des réseaux de personnes-ressources au niveau national et régional;
- accroître l'appropriation de la recherche dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Proposition 4

Clarifier et développer les objectifs, finalités, contenus et évaluations en mathématiques pour l'ensemble du système éducatif.

La quatrième proposition s'intéresse aux différents textes qui régissent la politique nationale en décrivant et commentant le contenu des programmes mathématiques du préscolaire à l'enseignement supérieur. Dans le champ de l'enseignement supérieur, cela rejoint les demandes formulées par le Conseil suédois de l'enseignement supérieur pour différents diplômes et ses rapports sur les objectifs, les finalités et les contenus.

Il s'agit également de développer un dispositif d'évaluation complet en accord avec les objectifs et finalités définis dans les textes officiels. On note en effet que l'analyse et la recherche de l'amélioration des contenus mathématiques des programmes ont été longtemps négligés et doivent être renforcés.

Les sous-propositions se déclinent ainsi :

- rendre plus concret le contenu de l'enseignement des mathématiques dans les textes officiels concernant les programmes du préscolaire au supérieur ;
- discuter et renouveler constamment les contenus d'enseignement des mathématiques du préscolaire au supérieur ;
- développer des ressources riches et diverses concernant l'évaluation des mathématiques pour tous les niveaux ;
- renforcer la recherche concernant le développement et l'évaluation des programmes.

EXEMPLES D'INITIATIVES DANS L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL

Il n'est pas possible d'entrer dans le détail de toutes les recommandations concrètes du plan. Nous donnerons seulement quelques exemples d'initiatives ayant fait preuve d'une immédiate efficacité et pour certaines, d'un effet à plus long terme, issues d'un des sept groupes de travail associés à la délégation travaillant sur « travail, société, démocratie et formation ». Il s'agit d'actions susceptibles d'être conduites par le monde industriel pour accroître l'intérêt et les connaissances des jeunes en mathématiques, en lien avec des acteurs éducatifs soigneusement choisis. La traditionnelle rupture entre le temps initial d'éducation et la vie active n'est en effet pour nous plus de mise : étudier et travailler sont désormais deux facettes de notre vie en société.

Initiatives ayant des effets éducatifs immédiats

– développer des manuels et autres ressources pédagogiques, notamment pour l'enseignement professionnel, sur la base des mathématiques qui sont réellement utilisées dans la vie active, les mathématiques scolaires étant souvent trop traditionnelles pour répondre aux attentes en termes de compétences dans la vie professionnelle;

– créer des histoires tirées d'expériences de la vie active où différents professionnels décrivent leur journée de travail et leur usage des mathématiques dans leur pratique;

– organiser des visites de jeunes professionnels dans les écoles et leur faire raconter leur vie et l'utilisation qu'ils font des mathématiques; chaque école devrait avoir une « entreprise amie » au moins;

– créer un matériel pédagogique qui développe un « fil directeur » du préscolaire au supérieur, par exemple autour du monde de la construction;

– développer la collaboration au niveau local entre les écoles et les entreprises en tant qu'exemples à suivre;

– créer un portail Internet pour les jeunes, les parents, les acteurs économiques, les enseignants, etc., afin de présenter la vie économique et de jeunes professionnels au travail;

– contribuer à la formation des enseignants de mathématiques en faisant appel à des ressources humaines qualifiées pour animer des séminaires ou créer du matériel didactique;

– donner des opportunités de carrière et de salaire à des personnes compétentes issues du monde professionnel et souhaitant enseigner les mathématiques;

– lancer différentes initiatives dans les médias présentant des situations professionnelles dans des secteurs de l'industrie ou des affaires caractérisées par un important usage des mathématiques pour la résolution de problèmes;

– permettre à des personnes compétentes de travailler comme enseignants-associés dans les écoles afin d'illustrer les mathématiques par des exemples de leur vie professionnelle.

Initiatives ayant des effets à long terme

– influencer à long terme la formation des enseignants en donnant des cours spécifiques de mathématiques et en fournissant du matériel pédagogique aux futurs enseignants et aux enseignants en exercice;

– faire évoluer le curriculum en mathématiques à tous les niveaux du système éducatif par une initiative continue de développement curriculaire;

- prendre des initiatives de communication sur les mathématiques et la science comme entreprises culturelles liées à la littérature et l'art ;
- soutenir et valoriser les travaux de recherche-développement sur les mathématiques telles qu'elles sont effectivement utilisées (ou devraient l'être) dans le monde professionnel et sur des scénarii concrets de besoins identifiés à l'avenir ;
- développer et soutenir les collaborations en mathématiques entre pays européens, aussi bien au niveau local qu'au niveau bilatéral ou de toute l'Europe ;
- créer de vastes initiatives qui montrent que les mathématiques sont une part importante de l'entreprise humaine d'éducation et de culture, au même titre que l'éthique, l'esthétique ; mettre en valeur le travail mathématique qui intègre une responsabilité globale et environnementale ;
- créer des centres spécialisés en mathématiques où sont présentés des exemples d'expériences professionnelles mettant en jeu une possible participation des jeunes ;
- développer et soutenir des compétitions spéciales de mathématiques en lien avec l'industrie et le monde des affaires quant aux contenus choisis, aux méthodologies recherchées, aux prix et récompenses remis.

DES INITIATIVES EN COURS PROMETTEUSES

La situation des mathématiques a été largement débattue par le Parlement suédois et le gouvernement, ainsi que dans les médias ces dernières années, particulièrement après la publication des résultats des enquêtes TIMSS et PISA. Nos hommes politiques ont alors promis d'engager une grande initiative nationale mobilisant les énergies en faveur des mathématiques. Qu'est-il advenu de cette volonté et des résultats obtenus par la délégation Mathématiques ? Parmi les plus importantes initiatives, on peut noter : un important programme national de formation continue des enseignants de mathématiques en exercice à tous les niveaux, le soutien national des municipalités à l'initiative « Garantir de ne pas laisser un enfant à la traîne » en lecture, écriture et mathématiques, le développement du curriculum national et d'un dispositif d'évaluation, l'attention spécifique aux étudiants issus des minorités et pour les primo-arrivants, rendre disponible une littérature utile et un soutien à distance permettant le développement professionnel continu en mathématiques pour tous les enseignants de mathématiques.

L'Université de Gothenburg et le Centre national pour l'enseignement des mathématiques (NCM) ont été mandatés pour coordonner le travail, et développer de nombreuses actions et rencontres à destination des enseignants. Le NCM, subventionné par le gouvernement, développe en outre ses propres initiatives ; à titre d'exemples, édition de journaux, organisation de conférences, développement de liens avec la recherche, exposition de ressources didactiques et différents types de supports sur internet.

La multiplicité des activités et des acteurs rend indispensables leur coordination et leur coopération afin que l'ensemble des initiatives et des mesures soit connu du public et utilisé de la meilleure manière possible.

En dépit des actions évoquées, les comparaisons internationales montrent que les activités en cours ou planifiées ne répondent que partiellement aux propositions globales et aux attentes formulées par la délégation Mathématiques dans son rapport. Notre espoir, cependant, est que les initiatives retenues soient seulement le début d'une initiative nationale plus substantielle et de longue haleine pour soutenir la promotion et le développement de l'enseignement des mathématiques en Suède.

L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES : UNE PERSPECTIVE EUROPÉENNE

Nous avons accès à un grand nombre de nouveaux et excellents rapports ou bilans de recherche concernant l'éducation scientifique, dont certains ont atteint les plus hauts niveaux politiques dans l'Union européenne et auprès de la Commission – comme le rapport Rocard et le rapport Nuffield (Commission européenne, 2007 ; Osborne & Dillon, 2008).

Toutes ces réflexions nous conduisent à poser les questions suivantes : en quoi l'enseignement des mathématiques peut-il contribuer à l'amélioration de l'enseignement des sciences et réciproquement ? Qu'est-ce que les étudiants apprennent et expérimentent en sciences lorsqu'ils maîtrisent peu ou pas du tout les mathématiques et que peuvent-ils apprendre et expérimenter plus efficacement s'ils utilisent différentes compétences mathématiques ?

Quelques résultats d'un projet suédois (dont le rapport n'est pas encore paru) apporteront peut-être quelques lumières sur la question. La relation entre la science et les mathématiques n'est pas seulement manifeste dans l'usage qui est fait des méthodes mathématiques pour les calculs scientifiques. En fait, même si les mathématiques et la science s'appuient fondamentalement sur différentes philosophies du savoir et sont traditionnellement considérées comme très différentes, des lectures modernes du travail mathématique, voire de la vérité mathématique, révèlent que les mathématiques et les sciences ont beaucoup en commun (Lakatos, 1976). L'expérimentation, même purement mentale, joue un rôle important en mathématiques. Et de façon intéressante, mais sans doute pas surprenante, il s'agit là d'un aspect considéré comme important de l'apprentissage des mathématiques dans les curricula les plus modernes.

En résumé, nous avons identifié trois domaines distincts où les mathématiques et les sciences enseignées à l'école peuvent être associées. Le premier est l'exemple classique des modèles mathématiques comme outils permettant de

quantifier et de visualiser les données. Le second est la relation entre les notions scientifiques et l'objet mathématique correspondant : ainsi la notion de densité est-elle difficile à comprendre si on ne l'associe pas à la notion mathématique de quotient. Le dernier exemple, plus fondamental sans doute, s'appuie sur les similarités entre les modalités du travail mathématique et celles du travail scientifique. Ensemble, ces trois aspects établissent clairement un lien entre la méthode d'investigation (si fortement mise en avant en sciences expérimentales) et l'importance accordée à la résolution de problèmes et la créativité, dans les curricula modernes en mathématiques. Ils illustrent également la nécessité de connaître et manipuler des concepts et des méthodologies communes et ils mettent en lumière l'utilité et la pertinence conjointe des mathématiques et des sciences.

BIBLIOGRAPHIE

DEVLIN K. J. (1997) : *Mathematics: the science of patterns: the search for order in life, mind and the universe* (2^e éd.). New York: Scientific American Library.

European Commission (2007) : *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Publications Office.

HELENIUS O. & TENGSTRAND A. (2005) : *Nybörjarstudenter och matematik [Elektronisk resurs] : matematikundervisningen under första året på tekniska och naturvetenskapliga utbildningar*. Stockholm: Högskoleverket.

HERSH R. (1998) : *What is mathematics, really?* ([New ed.]). London: Vintage.

LAKATOS (1976) : *Proofs and Refutations*. Cambridge: Cambridge University Press.

MATEMATIKDELEGATIONEN (2004) : Att lyfta matematiken: intresse, lärande, kompetens: betänkande. Stockholm: Fritzes offentliga publikationer.

OSBORNE J. & DILLON J. (2008) : *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London.

PRANGE K. (2004) : «Bildung: a paradigm regained?». *European Educational Research Journal*, Volume 3, n° 2, 2004 3 (2), 501-509.

SKOLVERKET (2003) : *Tid för lärande: nationella kvalitetsgranskningar 2001-2002*. Stockholm: Statens skolverk.

SKOLVERKET (2004) : *PISA 2003: [svenska femtonåringars kunskaper och attityder i ett internationellt perspektiv]*. Stockholm: Skolverket.

