Chap. 1 - La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques[1]

Jill Adler

1.1 Note introductive

Ce chapitre, publié pour la première fois en 2000, est basé sur une recherche achevée en 1999. Son contenu, en particulier l'argument central – penser 'ressource' comme un verbe – demeure, de façon significative, pertinent. La fonctionnalité d'une ressource dans et pour la pratique de l'enseignement des mathématiques réside dans son usage en pratique, plutôt que dans sa simple présence. Cette version originale a éclairé les recherches qui ont inspiré cet ouvrage, en particulier celles sur le travail documentaire des professeurs (Gueudet & Trouche, Chap. 3). Il est proposé ici en ouverture de l'ensemble des chapitres, chacun de ceux-ci considérant, sous des angles variés, les ressources dans l'usage ou le travail documentaire pour l'enseignement. L'accent est mis sur les ressources matérielles et culturelles dans l'usage, pour l'enseignement des mathématiques ; la notion de *transparence* développée par Lave & Wenger (1991) est ici essentielle. Mes travaux plus récents sont centrés sur le *savoir mathématique* dans et pour l'enseignement, et donc sur un aspect de 'ressource' identifié mais non développé dans ce chapitre (voir, par exemple, Adler 2009, Adler & Davis 2006, et aussi Chevallard & Cirade, Chap. 2)

Bien sûr, un ensemble de recherches, en relation avec les thèmes développés ici, ont été réalisées depuis 2000. J'ai donc opéré des révisions mineures, principalement dans les premières sections, pour mentionner certaines de ces recherches et référer aux autres chapitres de cet ouvrage. Globalement, le chapitre demeure cependant proche de la version originelle.

1. 2. Introduction

Dans tous les pays du monde, des dispositifs de formation, initiale ou continue, préparent les professeurs de mathématiques et soutiennent des évolutions de leur pratique. Certains aspects diffèrent bien sûr selon les contextes éducatifs, mais des tendances communes apparaissent : d'un côté les professeurs sont encouragés à adopter une pédagogie davantage centrée sur l'apprenant, de l'autre côté on promeut une approche des mathématiques qui va au-delà de la simple maîtrise de procédures, et vise ce que Kilpatrick *et al.* (2001) appellent *l'expertise mathématique*. Cette expertise est tissée de cinq fils : aisance conceptuelle, aisance procédurale, compétence stratégique, flexibilité du raisonnement et productivité. Les dispositifs de formation sont donc particulièrement attentifs aux *ressources matérielles* qui pourraient soutenir ces évolutions, par exemple l'introduction de nouvelles technologies, et, plus fréquemment l'introduction de nouveaux textes.

Dans leur étude du curriculum en mathématiques, en sciences et en technologie à travers 13 pays de l'OCDE (Organisation pour la Coopération et le Développement Economique) et 23 projets, Black & Atkin (1996) soutiennent que les ressources critiques pour implanter des changements curriculaires et des innovations sont les ressources humaines. Les innovations demandent un nombre suffisant de personnes qui veulent et peuvent « surmonter les ressources inadéquates pour soutenir les changements éducatifs ». La notion de ressources va donc bien au-delà des objets matériels. Black & Atkin postulent la nécessité de matériel soutenant le changement, et d'allégements horaires permettant de libérer du temps pour la planification, l'action et la réflexion. Ils étaient par ailleurs très surpris de constater le peu de discussion portant sur les ressources dans les rapports de recherche concernant les 23 projets considérés.

Il n'est pas surprenant que, dans des contextes limités en ressources, et plus généralement dans des contextes de réformes éducatives, les professeurs de mathématiques éprouvent un besoin permanent de davantage de ressources. Le fait que la pratique d'enseignement dépende des ressources disponibles ne nécessite ni plaidoyer, ni explication. Cependant, nous savons bien aussi que davantage de ressources n'entraîne pas nécessairement une meilleure pratique. Certaines écoles, bien que favorisées, ne proposent pas une éducation de qualité à leurs élèves, et certaines écoles défavorisées réussissent malgré tous les obstacles (Adler 2001a).

Les résultats évoqués dans ce chapitre sont basés sur un projet de recherche en formation des maîtres, en Afrique du Sud (Adler & Reed 2002). La question centrale portait sur la disponibilité et les usages par les professeurs de ressources dans leurs classes de mathématiques, et sur les évolutions éventuelles au cours des trois années du projet (1996-1998). La politique et la pratique post-apartheid visaient à se

[1] Une première version de ce chapitre a été déjà publiée par le *Journal of Mathematics Teacher Education*, 3:205-224, 2000, et nous remercions Springer de son accord pour publier une version révisée dans le cadre de cet ouvrage. La révision, qui porte sur la partie introductive, a permis d'actualiser l'article, et de le situer dans le projet collectif qui soutient cet ouvrage.

défaire de cet héritage basé sur l'inégalité raciale et le mépris. Cependant, et jusqu'à maintenant, 15 ans plus tard, il demeure toujours des écoles démunies dans les campagnes et les banlieues, certaines d'entre elles n'ayant ni électricité, ni eau courante, conditions effectives des écoles de certains des enseignants impliqués dans le projet. En réponse aux questions sur ce qui pourrait être amélioré dans leur école, leur enseignement, et les apprentissages, la première réponse de la plupart des directeurs et des professeurs était : « nous avons besoin de plus de ressources ». En même temps, les réponses des enseignants à nos questions sur le type de ressources dont ils avaient besoin, pour l'enseignement et l'apprentissage, n'allaient pas facilement au-delà de « nous en voulons davantage ». Cette expérience a nourri le besoin d'une conceptualisation de la notion de « ressources » qui puisse permettre aussi bien aux chercheurs qu'aux enseignants de comprendre ce qui est nécessaire. Ce chapitre ne reprend pas la présentation du projet de recherche (voir Adler & Reed 2002, Chap. 4 pour une synthèse), mais s'appuie sur celui-ci pour une conceptualisation des ressources essentielle en formation des maîtres.

1.3 Penser ressource comme re-source

Qu'est-ce qu'une ressource? Le dictionnaire la définit comme un nom : une *réserve* dans laquelle on peut puiser ; les *moyens* dont un pays dispose pour son développement ou sa défense ; l'inventivité au service de l'activité ; l'esprit de répartie. Le sens que l'on attribue communément à ce mot dans et pour l'éducation, est celui de ressources matérielles ; le manque de ressources réfère en général à l'absence de manuels scolaires ou autres matériels pour apprendre. Il est possible aussi de penser les ressources comme une forme du verbe re-sourcer : nourrir à nouveau, ou différemment. Cette interprétation est provocante. Elle a pour objectif d'attirer l'attention sur les ressources et leurs usages, de questionner des significations tenues pour acquises. J'ai évoqué par ailleurs (Adler 1998a) l'intérêt de cette transformation en verbe du terme ressource, en considérant les ressources dans l'usage, dans le contexte de l'enseignement des mathématiques. J'utilise ici ressource à la fois comme substantif et comme verbe, comme objet et comme action que nous exploitons dans notre pratique.

Mon argument général est que la formation des professeurs de mathématiques nécessite de suivre les ressources dans et pour la pratique scolaire des mathématiques, et qu'un tel suivi est bi-dimensionnel. D'une part, il est nécessaire que les dispositifs de formation continue prévoient de travailler avec les enseignants pour étendre le sens commun de ressources au-delà des objets matériels et comprendre les ressources humaines et culturelles, comme le langage et le temps, comme cruciales dans la pratique mathématique scolaire. D'autre part, la prise en compte des activités dans le développement professionnel suppose une évolution, du point de vue de « quelles sont ces ressources », vers un point de vue plus large « comment ces ressources fonctionnent comme une extension du professeur de mathématiques dans les processus d'enseignement et d'apprentissage ».

Je débute mon propos par un questionnement de la pratique mathématique scolaire et des ressources associées. Je soutiens que les mathématiques scolaires sont hybrides, mélange de mathématiques de tous les jours et de mathématiques académiques, et mélange de stratégies centrées sur l'apprenant et centrées sur l'enseignant. J'utilise ensuite le concept de transparence et ses fonctions duales de visibilité et invisibilité pour étudier les ressources en usage dans la pratique mathématique scolaire . Je soutiens que les concepts de pratique hybride et de transparence des ressources fournissent des outils pour comprendre les deux dimensions que nous venons d'évoquer, et, en conséquence pour une pratique pédagogique plus active, aussi bien pour l'enseignement des mathématiques que pour la formation des maîtres.

1.3.1 La pratique mathématique scolaire : contenus et pratique hybrides

Les dispositifs de formation continue en mathématiques présupposent une vision des mathématiques scolaires qui est dynamique et a plusieurs facettes. Pour ce chapitre, je privilégie deux éléments critiques : a) la sélection des contenus curriculaires - ce qui est considéré comme mathématique ; b) les stratégies pédagogiques, la relation entre enseigner et apprendre.

L'activité mathématique à l'école n'est, par nécessité, ni l'activité mathématique du quotidien, ni celle du mathématicien[2]. La compréhension des contenus mathématiques scolaires qui oriente cette étude est hybride : ils découlent à la fois de mathématiques appliquées et contextualisées, et de mathématiques académiques « pour elles-mêmes » ; il en est de même des ressources (Dowling 1998). Elles sont décontexualisées de la pratique du quotidien, et recontextualisées dans les mathématiques scolaires. Du fait de ces processus de recontextualisation (Bernstein 1996), leurs usages dans et pour les mathématiques scolaires est complexe, et parfois contradictoire. Par exemple, est-ce que la courbe de

2 Voir *For the Learning of Mathematics*, Volume 28, No. 3, 2008, pour une étude récente de la spécificité des mathématiques scolaires.

croissance d'une population, dans la classe de mathématiques, peut être considérée comme une ressource pour apprendre le phénomène de croissance de population, ou pour apprendre le processus de modélisation, en représentant par exemple la croissance d'une population par une ligne brisée ? Pour les professeurs et l'enseignement, cette hybridation crée un important défi : faut-il être explicite (et si oui comment) sur les enjeux mathématiques en relation avec une tâche basée sur une ressource donnée, et quelles significations supposent d'être contextualisées pour faciliter la construction du sens, et la réussite dans la pratique mathématique scolaire ?

Les gestes explicites du professeur vont à l'encontre du plaidoyer courant pour une orientation pédagogique centrée sur l'apprenant. Les suppositions sous-jacentes sont que les apprenants construiront les significations mathématiques par eux-mêmes ou avec leurs pairs, dès lors que des tâches appropriées, et les ressources correspondantes, seront mises à leur disposition, le professeur gardant un rôle non directif de facilitateur. Ainsi, deux défis sont interreliés : celui des contenus hybrides dans la pratique mathématique scolaire , et celui du choix entre des orientations pédagogiques opposées.

Les débats foisonnent, résultats de la dichotomie entre pédagogies centrées autour de l'apprenant ou autour de l'enseignant, entre constructions personnelles et enculturation (Jaworski 1994), entre participation et acquisition (Sfard 1998) et entre créativité individuelle et détermination sociale (Confrey 1995). Dans le contexte de la discussion pédagogie centrée apprenant/enseignant, l'étude de Cuban (1993) sur la pédagogie américaine depuis un siècle, dont les résultats sont confirmés par Black et Atkin (1996), mettent en évidence la résistance d'une pratique centrée sur l'enseignant, et une émergence limitée d'une pratique hybride. Black et Atkin expliquent : « Les enseignants… ont développé des routines pour aider les élèves. Ces routines peuvent paraître peu ambitieuses… mais elles répondent à des objectifs complexes, et à des attentes claires. Dans toutes ces études, les enseignants utilisent ces routines pour façonner… de nouvelles formes d'activités, comme des groupes de travail » (p. 130). On peut relever ici des points communs avec les notions de *format d'activité*, de *script curriculaire* et *d'économie temporelle* développées par Ruthven (Chap. 10), qui structurent l'enseignement.

Dans une pédagogie hybride, les stratégies centrées sur l'apprenant impliquent de laisser les ressources à la main des apprenants. L'enseignant donne aux apprenants les moyens de réaliser la tâche par eux-mêmes, embarquant leurs propres significations et interprétations à partir desquelles ils pourront construire leurs connaissances mathématiques. La difficulté repose dans le fait que les ressources n'intègrent pas elles-mêmes les explications nécessaires, qui permettraient aux mathématiques impliquées d'apparaître clairement à travers elles. Les significations mathématiques viennent de leurs usages, à travers leur relative transparence. L'hybridation et la transparence sont des outils d'analyse interconnectés qui nous permettent d'interroger les ressources et leurs usages en contexte.

1.3.2 Conceptualiser les ressources dans la pratique des mathématiques scolaires hybrides

Les approches usuelles des ressources éducatives sont centrées sur des ressources particulières, matérielles et humaines, que l'on peut qualifier de *ressources élémentaires*. Elles sont nécessaires pour assurer les *fondamentaux* de la scolarité (bien que nous sachions qu'il y a des écoles qui réussissent en dépit du manque de certaines de ces ressources), et elles dépendent de la répartition des richesses du pays entre ces écoles. Les ressources matérielles élémentaires incluent l'infrastructure de l'école, les bâtiments, l'eau courante, l'électricité, les bureaux et les chaises, le papier et les stylos. Les ressources humaines élémentaires réfèrent au taux d'encadrement des élèves, au nombre d'élèves par classe, à la qualification des enseignants, bien que l'influence de ces deux dernières ressources (qualification des enseignants et nombre d'élèves par classe) puisse être contestée (Sebide 1998, pp. 38,72).

Se centrer sur ces ressources élémentaires serait restrictif. Dans une étude conduite en Afrique du Sud portant sur les ressources pour transformer l'enseignement des sciences, Jita (1998) identifie cinq sortes de ressources qui interagissent pour déterminer une pratique enseignante efficace en sciences : les ressources humaines (enseignants, élèves, parents), les connaissances (sur la science, sur l'enseignement des sciences, et sur les réformes prévues) ; le temps ; le sens de la mission d'enseignement et l'engagement ; et le matériel textuel. Ce qui nous parait significatif, c'est que Jita identifie les ressources au-delà des ressources matérielles, pour y inclure des ressources culturelles (comme le temps) et des ressources émotionnelles (comme l'engagement).

En considérant les mathématiques scolaires comme une pratique hybride, il est nécessaire d'élargir les ressources au-delà des ressources élémentaires ; la description qui suit constitue une première catégorisation, qui reste limitée mais permet d'interroger les ressources.

Les ressources humaines. Le professeur de mathématique lui-même est bien sûr une ressource clé, et l'importance de cette ressource n'est pas simplement fonction d'une qualification antérieure formelle. La recherche sur la formation explore les connaissances d'un professeur de mathématique, leurs composantes et leur profondeur. Quelle quantité et quelle sorte de mathématique ? Quelle connaissance du contenu pédagogique ? Quelles relations entre ces diverses connaissances ? Plus généralement, quelles connaissances sur la pratique et les théories éducatives ? Quelles connaissances portant sur l'enseignement à des apprenant différents, sur le plan culturel, ou linguistique ? Et pour enseigner dans des zones rurales ou urbaines, à des publics défavorisés socialement ? Comme je l'ai dit plus haut, je m'intéresse aux connaissances mathématiques et professionnelles des enseignants, en relation avec un champ de recherche qui se développe à propos du savoir mathématique pour enseigner[3].

Les ressources matérielles. Il faut distinguer entre outils technologiques, matériel pour les mathématiques scolaires, objets mathématiques, et objets de tous les jours ou non-mathématiques. Les technologies, dans les mathématiques scolaires, vont du tableau noir, largement disponible, à des logiciels sophistiqués. Le matériel pour les mathématiques scolaires inclut les manuels et les Geoboards[4], qui sont faits spécifiquement pour les mathématiques scolaires. Ils incorporent à la fois des possibilités et des intentions mathématiques et didactiques. Les objets mathématiques[5] émergent dans le contexte de la discipline et de la communauté savante. Ils sont évidemment très divers, et vont d'un théorème très complexe à une simple bande numérique, intègrent le plan cartésien et des procédures classiques... Des objets de tous les jours interviennent, comme les pièces de monnaie, les calculatrices, les règles graduées. Ce n'est pas le contexte mathématique qui détermine les significations de ces objets de tous les jours, mais les pratiques culturelles quotidiennes comme vendre et acheter, mesurer, et communiquer.

Les ressources culturelles. Le langage comme ressource pour les professeurs de mathématiques a plusieurs dimensions. C'est une ressource *culturelle*, en ce qu'il inclut la (les) principale(s) langue(s) que les apprenants apportent dans la classe, comme leur relation avec la langue de l'enseignement. C'est aussi une ressource *sociale*, car elle inclut les verbalisations des apprenants pendant la classe. Comme Forman (1996) le soutient, « Les étudiants ont besoin de se considérer eux-mêmes et les uns par rapport aux autres, comme des ressources intellectuelles, au lieu de se placer seulement sous l'autorité du professeur et des textes » (pp. 117, 121).

Enfin, le temps peut-être vu aussi comme une ressource culturelle, utilisée différemment, par exemple, dans les contextes ruraux ou urbains. Dans tous les cas, le temps a, à l'école, une fonction de formatage, à travers les agendas, la durée des périodes scolaires, les possibilités de travail à la maison. Il structure le travail du professeur, d'où son sentiment de manque de temps, quand les demandes de changement dans la pratique scolaire ne respectent pas le temps des enseignants (voir Hargreaves 1994, pour une discussion sur ce point).

La table 1 (annexe) récapitule ces catégories et fournit des exemples. Beaucoup de ces ressources apportent en classe de mathématiques des significations venant de pratiques dans d'autres contextes. Il y a, entre les ressources et les mathématiques scolaires, leur usage en pratique : leur transparence.

1.3.3 La tranparence des ressources, située et relationnelle

Selon Lave et Wenger (1991), l'accès à une pratique intègre l'accès à ses ressources, ses artefacts et ses relations sociales :

« Devenir pleinement membre d'une communauté requiert l'accès à un vaste ensemble d'activité en cours, de membres historiques et d'autres membres de la communauté ; et à l'information, aux ressources, aux opportunités de participation. » (p.101)

Lave et Wenger affirment que, souvent, les chercheurs en sciences humaines et sociales qui s'intéressent à l'apprentissage traitent la technologie comme allant de soi et n'analysent pas ses relations avec les autres aspects d'une communauté de pratique. Pour Lave et Wenger, un élément clé de l'accès à une communauté est associé au concept de transparence, avec ses fonctions duales de visibilité et d'invisibilité (ibidem, p.103). Pour qu'il y ait accès à une pratique, les ressources de cette pratique doivent être transparentes. Elles doivent être visibles, pour pouvoir être utilisées pour étendre la pratique. Mais elles doivent aussi être invisibles, pour permettre un accès fluide à la pratique.

La notion d'apprentissage comme participation périphérique légitime, introduite par Lave et Wenger, n'est pas aisément transférable à l'apprentissage des mathématiques en classe (Adler 1998b). Cependant elle éclaire les pratiques de classe, particulièrement en ce qui concerne les ressources et leurs usages. Les ressources, dans l'enseignement des mathématiques, doivent être vues pour être utilisées (visibles) ; on doit pouvoir voir au travers pour percevoir les mathématiques (invisibles). La transparence n'est pas une caractéristique inhérente à la ressource ; elle dépend plutôt de son usage en contexte. Lorsque les

3 Un numéro spécial de *For the Learning of Mathematics* sera publié en novembre 2009, Volume 29 (3), centré sur le savoir mathématique dans et pour l'enseignement.

4 Le Geoboard est une planche portant un quadrillage de clous, permettant la construction de figures géométriques avec des élastiques, et employé dans divers pays pour approcher les notions d'aire ou de périmètre.

5 Non évoquée ici, la discussion sur la nature des objets mathématiques, leurs formes réelles, matérialisées ou idéales.

ressources sont exploitées pour soutenir et permettre l'apprentissage, dans une pratique hybride comme celle des mathématiques scolaires, leur transparence devient plus complexe. En conséquence, elles peuvent permettre ou bloquer l'accès à la connaissance mathématique.

Brodie (1995) propose l'exemple frappant d'un groupe d'élèves de grade 9 travaillant avec un Geoboard sur une suite d'activités élaborée pour travailler le concept d'aire et l'existence de différentes formes de même aire. Quand le professeur présent ces activités, elle n'attire pas l'attention sur les caractéristiques du Geoboard, laissant ainsi aux élèves un espace d'interprétation des tâches proposées. L'un des groupes d'élèves se centre sur le nombre de pointes à l'intérieur des diverses formes qu'ils avaient créées avec des élastiques sur le Geoboard. Ils essayent ensuite de trouver une règle reliant le nombre de pointes et l'aire des formes. Les élèves ne disposent pas des arguments mathématiques qui leur auraient permis d'expliquer pourquoi la règle qu'ils avaient proposée ne coïncidait pas avec l'aire de certaines de leurs figures. De plus, lorsque le professeur essaie de travailler sur leur construction, dans un temps limité, elle s'efforce d'attirer leur attention sur les espaces entre les pointes, plutôt que sur les pointes elles-mêmes. Mais les pointes sont trop visibles. Dans ce cas, les intentions mathématiques du professeur - permettre aux élèves d'approfondir leur connaissance du concept d'aire - ne sont pas réalisées. Ici on retient que la présence de ressources dans les mathématiques scolaires exige plus, et non moins, de la part du professeur.

1.3.4 Racines de la conceptualisation: le langage comme ressource transparente

Mon intérêt pour les ressources prend ses racines dans un projet de recherche concernant les classes de mathématiques plurilingues au secondaire (Adler 2001b), et le changement de la relation des professeurs au langage et à l'apprentissage dans des contextes bilingues. La langue que les élèves apportent en classe n'est plus vue comme un problème, mais comme une ressource – à exploiter pour faciliter la construction du sens et l'accès à une nouvelle connaissance et/ou un nouveau langage.

Dans le projet de recherche, des professeurs anglophones, dont les classes se sont rapidement ouvertes à plusieurs ethnies, soulignent l'importance d'expliciter le langage mathématique utilisé en classe. Il s'agit d'une question d'équité et d'accessibilité parce que pour certains élèves, l'anglais, langue de l'enseignement, n'était pas leur langue principale. Ainsi ces élèves sont désavantagés. Hélène (pseudonyme), l'un des professeurs du projet dont la classe, à l'origine blanche, est devenue multi-ethnique, avec plus de 50 % de Noirs, considère le discours, et en particulier la discussion mathématique entre elle-même et ses élèves, et entre les élèves, comme une ressource pour son enseignement des mathématiques, qu'elle espérait centré sur l'apprenant. Elle affirme ceci, parce que depuis que sa classe est devenue multilingue, elle est devenue plus explicite à propos du vocabulaire et de la manière de parler mathématiquement. Elle affirme que cette pratique d'explicitation du langage mathématique est bénéfique à tous les élèves, pas uniquement aux élèves dont l'anglais n'était pas la langue principale. Cependant, au fil de sa prise de conscience de sa propre pratique, Hélène commence à se demander si l'explicitation du langage mathématique est toujours une bonne idée. Elle fait l'expérience de ce que je nomme le *dilemme de la transparence* (Adler 1999). Des vidéos de son enseignement montrent comment, dans certains moments, au lieu d'être une ressource transparente, le langage mathématique explicite devient opaque, objet de l'attention plutôt que moyen d'accéder au sens mathématique.

Les dilemmes liés au langage, comme le dilemme de la transparence, adviennent dans des contextes dans lesquels certaines pratiques langagières comme le changement de code (par exemple le recours à la langue principale des élèves) et le discours mathématique sont vus comme des ressources pour la pratique scolaire des mathématiques. Ceci montre que des changements de pratique, par le recours à de nouvelles ressources, par l'ajout de ressources, ou l'emploi de celles-ci de manière différente a des conséquences, certaines voulues mais d'autres non anticipées. Le travail récent de Setati *et al.* (2008) dans des classes multilingues en Afrique du Sud utilise la notion de transparence pour éclairer des stratégies d'enseignement et d'apprentissage qui exploitent délibérément la langue principale des élèves. Il établi des résultats riches et spectaculaires sur la possibilité pour de tels usages d'être dans certains cas invisibles, permettant l'accès aux mathématiques, et dans certains cas trop visibles, faisant obstruction au sens.

1.3.5 Extension de l'analyse à d'autres ressources

Si nous étendons l'analyse, nous devons comprendre que tous les types de ressources doivent être à la fois visibles et invisibles. Dès qu'une ressource est utilisée en classe, elle devient visible, objet de l'attention. Si il y a des aspects techniques nouveaux dans la ressource (comme dans le cas d'une calculatrice graphique par exemple), les élèves auront besoin de temps pour se familiariser avec la ressource et son mode opératoire. Mais si la ressource doit soutenir et permettre l'apprentissage des mathématiques, alors à un certain point il va falloir qu'elle devienne invisible- non plus un objet d'attention en soi-même, mais un moyen de faire des mathématiques.

Meira (1995) emploie la notion de transparence dans son analyse de l'usage d'outils, en termes de médiation culturelle de l'activité mathématique. Il se centre sur l'interprétation d'épisodes de classe, dans lesquels deux élèves (garçons) à l'école primaire travaillent avec un dispositif d'engrenages visant à éclairer des relations mathématiques. Son analyse de la manière dont ces garçons utilisaient l'outil la conduit à affirmer que la qualité éducative d'un dispositif matériel était fonction de la manière dont celui-ci était utilisé. La manière dont ils utilisent la ressource n'est pas simplement fonction des caractéristiques de celle-ci – elle dépend plutôt de l'interaction entre cette ressource et les sens apportés par les élèves, de la construction de la tâche par le professeur, de sa médiation de l'activité des élèves, et de la culture de la classe. Comme le montre Meira, cette perspective relationnelle, culturelle sur le l'utilisation d'outils diffère profondément d'une perspective épistémique étroite, dans laquelle les principes et les relations mathématiques sont considérés comme intrinsèques à l'outil, d'une part perçus de manière évidente, d'autre part indépendants des sens attribués par les apprenants, du contexte, du déroulement en classe.

La recherche sur le développement des technologies pour l'enseignement des mathématiques a mis en évidence des faits similaires. Par exemple, Love et Pimm (1996) affirment que les textes, quelque soit le mode d'accès à ceux-ci en classe de mathématiques, auront toujours à être lus, et que ceci sera fonction de la situation (contexte) dans laquelle le texte sera utilisé. Szendrai (1996) affirme que les supports mathématiques matériels ne sont pas une panacée, et qu'ils ne conduisent pas automatiquement à la compréhension visée. Les professeurs, dans leur recours à des ressources variées, confèrent à celles-ci des sens spécifiques, situés dans la pratique et le contexte de la classe. Elles deviennent visibles, et doivent être rendues invisibles. Ceci peut être particulièrement complexe, si cette ressource est issue du quotidien, et si les stratégies pédagogiques sont centrées sur l'élève.

La monnaie est un exemple d'une ressource volontiers utilisée en mathématiques, avec des significations quotidiennes importantes. Quand la monnaie est utilisée en classe en tant que contexte familier qui peut conférer du sens à différents aspects du nombre, nous devons comprendre que non seulement le sens de la monnaie dans une activité de classe est différent de son sens dans la vie réelle, mais que ce sens dépend de la classe sociale (Walkerdine 1988). Des pratiques d'achat et de vente peuvent fournir un contexte familier pour les mathématiques scolaires, mais elles amènent dans la classe des significations liées au pouvoir d'achat conféré par l'argent dans la vie réelle, et peuvent ainsi obscurcir, bloquer l'accès aux significations mathématiques qu'elles sont censées soutenir. C'est pourquoi l'emploi de ressources issues de contextes et de pratiques extra-mathématiques représentent un réel défi pour les professeurs.

Les objets mathématiques, par exemple les démonstrations, embarquent des histoires et des mondes sociaux. Ce sont des artefacts, pour la pratique mathématique, et ils doivent également être transparents.

Comme l'écrit Restivo (1994) :

« Il n'y a pas de raison pour qu'un objet comme un théorème soit traité différemment d'une sculpture, d'un pot à thé, ou d'un gratte-ciel... Les notations et les symboles sont des outils, des matériaux et des ressources qui généralement sont socialement construits... Ils puisent leur sens dans l'histoire de leur conception et de leurs usages. » (p. 219)

Selon les termes de Lave et Wenger : « les artefacts pour soutenir l'enseignement doivent être transparents – un bon équilibre entre les deux nécessités articulées de visibilité et d'invisibilité » (p. 103). La transparence n'est pas une propriété de la ressource, elle dépend de la manière dont la ressource est utilisée et comprise en contexte. La plupart des ressources que les professeurs utilisent dans leur pratique mathématique hybride en classe amènent ce défi de la transparence, c'est-à-dire de la recherche de l'équilibre entre visibilité et invisibilité. Dans la discussion ci-dessus, je me suis référée aux exemples du langage, des objets du quotidien et des supports mathématiques matériels, y compris les textes. Dans le reste du chapitre, je vais exploiter des exemples issus du projet de formation d'enseignants évoqué ci-dessus. Comme nous le verrons, la conceptualisation des ressources proposée ici a façonné, et a été façonnée par ce projet de recherche sur la formation des enseignants.

1.4 Ressources dans le contexte de la formation des enseignants en Afrique du Sud

Une équipe de recherche de l'Université du Witwatersrand a étudié les conséquences sur la pratique des enseignants d'un dispositif de formation en mathématiques, en sciences, et en Anglais. Les stratégies d'enseignement centrées sur l'élève et les ressources étaient cruciales dans ce dispositif.

Un bilan de la pratique de certains des professeurs participant au dispositif a été effectué en 1996, puis suivi en 1997 et 1998 (Adler & Reed 2002). Les professeurs participant au projet exercent dans des établissements qui différaient de manière importante en termes de ressources. Certains travaillent dans des établissements ruraux très pauvres, tandis que d'autres exercent dans des écoles mieux équipées, en zone urbaine. L'intérêt porté aux ressources fait référence à une conceptualisation large de ressources, incluant les ressources matérielles, humaines, culturelles et sociales. L'étude porte sur les questions suivantes : quelles sont les ressources disponibles, comment sont-elles utilisées dans la durée ? Quelles ressources sont créées par les professeurs, lesquelles sont réutilisées ?

Il y a dans ce projet de nombreux exemples qui confirment la pertinence de ce qui a été discuté jusque là. En 1996, et plus encore en 1997 et 1998, les professeurs enseignant les mathématiques au premier degré en particulier ont proposé et utilisé un large ensemble de ressources matérielles pour tenter d'améliorer leur pratique. Malheureusement, dans presque tous les cas, les ressources (celles-ci allaient d'un puzzle de type tangram 'fait maison', à un carré magique 3x3, des réglettes Cuisenaire et des fiches d'activités) ne sont pas passées du statut d'objet à celui de moyen de construire du sens mathématique. Au lieu de devenir des ressources transparentes, elles sont souvent restées opaques.

Pour soulever des questions concernant la formation des enseignants, je voudrais me centrer ici sur deux exemples issus du projet, intéressants à des titres différents, à propos desquels on peut parler de re-source.

1.4.1 Le tableau noir

Pour les enseignants de mathématiques du second degré impliqués dans le projet, le tableau noir reste la principale ressource pendant les séances observées en 1997 et 1998, mais les manières de l'utiliser ont évolué. Contrairement à ce qui a été observé en 1996, les professeurs ne passent pas l'essentiel de leurs leçons à expliquer depuis le tableau.

Au lieu de cela, comme ils se sont tournés vers une pratique centrée sur les élèves, ceux-ci travaillent en petits groupes sur des exercices (semblables aux exercices issus des livres employés en 1996). Ils sont ensuite invités à partager leurs solutions avec le reste de la classe en les écrivant au tableau et en les expliquant. Mpho (pseudonyme), par exemple, a développé un processus de sélection des élèves envoyés au tableau ; elle sélectionne des groupes dont les réponses sont différentes. Les élèves écrivent leurs solutions en silence. Mpho contrôle le déroulement, revient au tableau pour travailler avec la classe entière sur des solutions. Son objectif à ce stade de la leçon est d'identifier la bonne solution et de corriger les erreurs des solutions erronées.

Mpho, et les autres professeurs du second degré dans le projet, ont développé leur pratique pédagogique en introduisant de nouvelles manières d'exploiter le tableau noir. Le tableau est utilisé comme ressource partagée, un support pour rendre publiques différentes réponses d'élèves et pour travailler publiquement sur leurs erreurs. Le tableau noir rendait visible une pratique tournée vers plus de participation (qui pouvait être vue à travers l'usage du tableau). Dans le même temps, les élèves affichent des réponses, qui ne comportent pas le processus de recherche, le comment et le pourquoi de chaque solution.

Lorsque Mpho retourne au tableau, elle le fait pour mettre en évidence et corriger les erreurs. Ce qui reste visible, publiquement, sur le tableau, est la solution juste qui n'est pas discutée, et des solutions fausses, sur lesquelles seulement la partie erronée a été corrigée. Il est intéressant de se pencher sur les avantages et les inconvénients de cette pratique. En 1996, Mpho est la seule utilisatrice du tableau dans sa classe. Elle montre, et explique les processus menant aux solutions données en modèle au tableau. Je n'affirme pas que de tels modèles sont compris sans difficultés par les élèves. Nous savons que ce n'est pas le cas. Mais il est important que nous réfléchissions, avec les professeurs, sur l'utilisation des ressources en classe et leurs conséquences, prévues et imprévues, et sur qui tire profit de quoi.

J'ai présenté cet exemple d'une pratique re-sourcée avec le tableau noir parce que, en plus des manuels et des cahiers, le tableau est probablement la ressource matérielle la plus simple, la plus répandue et la plus largement utilisée en classe. Ce que j'ai essayé d'illustrer et de concrétiser ici, c'est que même dans un contexte où peu de ressources sont disponibles – Mpho enseigne au lycée dans un établissement rural très pauvre – les professeurs interprètent et utilisent ce qu'ils ont, pour tenter d'améliorer et d'optimiser leur pratique. En introduisant de nouvelles manières d'employer son tableau noir, Mpho le rend transparent, du point de vue d'une plus grande participation en classe et ainsi développe sa pratique pédagogique. Cependant, comme le diraient Chevallard & Cirade (Chap. 2), Mpho gagnerait à développer tant ses praxéologies mathématiques que ses praxéologies didactiques ; il faudrait interroger les moyens permettant ce développement.

Comme le montre Ruthven (Chap. 10), l'intégration d'une nouvelle pratique d'enseignement des mathématiques dans le système bien rodé de format d'activité, de script curriculaire, d'économie temporelle n'est pas une tâche aisée. Ce qui peut en être retenu du point de vue de la formation des professeurs, c'est l'importance de travailler avec ceux-ci sur les usages de ressources pour l'enseignement des mathématiques. Il ne s'agit pas de dire que le tableau noir est bon ou mauvais, comme dans l'expression 'chalk and talk' 'écrire-au tableau- et discourir') qui suggère une critique du tableau, mais d'étudier comment il est utilisé, au bénéfice de qui. C'est cette perspective qui est au centre de cet ouvrage

; selon Gueudet et Trouche (Chap. 3), l'attention portée à la documentation des professeurs peut soutenir une telle étude.

1.4.2 Le temps comme ressource

Beaucoup de travaux se sont penchés sur le temps et le travail du professeur. Les innovations curriculaires incluent aussi des demandes de davantage de temps. Celles-ci ne sont pas simplement tournées vers une augmentation du temps disponible (par exemple, pour travailler avec un nouveau matériel), sans changer le rythme quotidien. Il s'agit aussi de prendre en compte le temps de préparation, et le temps en classe, nécessaires pour introduire une pratique plus centrée sur l'élève.

Nous avons constaté dans le projet de recherche l'importance du temps, et la manière dont il semblait fonctionner dans les classes. Avec la perspective que nous adoptons ici, et la conceptualisation des ressources, un questionnement sur la visibilité et l'invisibilité du temps comme ressource pour l'enseignement et l'apprentissage en classe peut éclairer cet enjeu.

En examinant le travail des élèves (à travers leurs écrits dans leurs cahiers) nous avons observé, par exemple, que dans certains établissements les élèves ne font aucun travail écrit pendant de longues périodes. Dans ces mêmes établissements, des élèves arrivent plus d'une heure après le début des cours, et beaucoup partent à différents moments de la journée. Il nous est apparu que, dans certains cas, ils n'y a pas clairement d'emploi du temps. L'absentéisme est élevé ; ainsi la continuité ne peut pas être assurée, l'enseignement est fragmenté en tranches autonomes par demi-heures. Les professeurs parlent du fait qu'ils n'ont pas assez de temps parce que les élèves arrivent en retard, partent en avance, ne font pas le travail demandé etc. A l'opposé, dans des endroits où le temps est visible pour des personnes extérieures à l'établissement, des emplois du temps existent et sont affichés, il y a une sonnerie, des portes (parfois simplement symboliques) se ferment à des moments spécifiques, le travail à la maison est attendu et effectué. L'établissement semble fonctionner correctement, et se centrer sur l'enseignement et l'apprentissage. Le temps est devenu invisible dans la pratique scolaire quotidienne. Mais le temps est aussi une ressource transparente – un moyen d'enseigner et d'apprendre. Dans l'innovation et le changement de pratique, et pour prendre en compte les établissements où la situation est difficile, l'attention portée au temps comme ressource transparente peut être utile.

En conséquence, la recherche, la théorie et la pratique en formation des professeurs de mathématiques doit prendre en compte de manière contextualisée la relation des professeurs au temps : comment le temps structure leur pratique mathématique en classe, comment ils parviennent (ou non) à exploiter, utiliser, changer ce qui est disponible pour ressourcer leur pratique.

Nous relevons malheureusement que, quelques dix années plus tard, cet état de fait persiste dans de trop nombreux établissements en Afrique du Sud. Des pratiques culturelles, façonnées par le contexte social qui a fortement contribué à forger la scolarité dans les zones très pauvres, sont beaucoup plus difficiles à changer que nous ne le pensions au départ.

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre je me suis centrée sur les *ressources* comme un apport potentiel pour la formation des enseignants, repéré comme central par la recherche comme par la pratique. J'ai proposé une conceptualisation des ressources qui décrit ce que sont celles-ci dans une pratique complexe comme celle des mathématiques scolaires. J'ai discuté et illustré le fait que le fonctionnement d'une ressource dans le cadre des mathématiques scolaires dépendait de son utilisation contextualisée, et non simplement de la présence de cette ressource. En d'autres termes, dans la formation des professeurs de mathématiques, l'attention doit se porter sur les ressources dans la pratique contextualisée. Une catégorisation des ressources, avec des concepts comme ceux d'hybridation et de transparence fournit des outils conceptuels permettant aux formateurs d'enseignants d'aborder ces questions complexes. J'ai utilisé les exemples du tableau noir, du langage et du temps – trois ressources partout disponibles et les plus communes qui soient, dans toutes les situations – et montré qu'avec une compréhension claire de la dynamique de la visibilité et de l'invisibilité des ressources, les professeurs peuvent développer leur pratique à travers un usage plus transparent des ressources en classe et donc mieux permettre l'accès aux mathématiques.

L'attention à ces différentes dimensions offre une perspective d'exploitation des ressources pour la formation des professeurs de mathématiques qui pourrait faciliter leur action et leur réflexion sur l'action. Notre conception d'un professeur re-sourcé devient celle d'un professeur agissant avec des ressources matérielles et socio-culturelles et non pas simplement celle d'un professeur entouré de ressources matérielles. Notre attention s'est tournée, d'une demande non problématisée de plus de ressources, vers les interactions entre le professeur et les ressources. Nous avons montré comment, dans divers contextes, les professeurs de mathématiques utilisent les ressources dont ils disposent, comment ceci évolue au fil du temps, et comment et avec quelles conséquences de nouvelles ressources sont intégrées dans la pratique des mathématiques scolaires.

Références

Adler, J. (1998a). Resources as a verb: Recontextualising resources in and for school mathematics practice. In A. Olivier & K. Newstead, (Eds.), *Proceedings of the 22nd Conference of the International Group of the Psychology of Mathematics Education,* Vol. 1, (pp. 1-18). Stellenbosch, South Africa: University of Stellenbosch.

Adler, J. (1998b). Lights and limits: Recontextualising Lave and Wenger to theorise knowledge of teaching and of learning school mathematics. In A. Watson, (Ed.), *Situated cognition and the learning of mathematics* (pp. 161-177). Oxford, UK: Centre for Mathematics Education Research, University of Oxford.

Adler, J. (1999). The dilemma of transparency: Seeing and seeing through talk in the mathematics classroom. *Journal of Research in Mathematics Education,* 30, 47-64.

Adler, J (2001a). Re-sourcing practice and equity: A dual challenge for mathematics education. In Atweh, B., Forgasz, H. & Nebres, B (Eds.) *Sociocultural research in mathematics education: An international perspective* (pp. 185-200). Lawrence Erlbaum Associates.

Adler, (2001b). Teaching mathematics in multilingual classrooms. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

Adler, J. (2009). A methodology for studying mathematics for teaching. *Recherches en Didactique des Mathématiques,* 29 (1), 33-58.

Adler, J., Davis, Z. (2006). Opening another black box: Researching mathematics for teaching in mathematics teacher education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 37 (4), 270-296.

Adler, J., Reed, Y. (Eds.) (2002). *Challenges of teacher development: An investigation of take-up in South Africa.* Pretoria: Van Schaik.

Bernstein, B. (1996). *Pedagogy, symbolic control and identity: Theory, research, critique.* London: Taylor and Francis.

Black, P., Atkin, J. M. (Eds.) (1996). *Changing the subject: Innovations in science, mathematics and technology education*. London: Routledge.

Boaler, J. (1997). *Experiencing school mathematics: Teaching styles, sex and setting.* Buckingham, UK: Open University Press.

Brodie, K. (1995). Peer interaction and the development of mathematical knowledge. In L. Meira & D. Carraher, (Eds.) *Proceedings of the 19th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1 (pp.16-223). Recife, Brazil: Universidade Federal de Pernambuco.

Confrey, J. (1995). A theory of intellectual development (Part 3*). For the Learning of Mathematics,* 15(2), 36-45.

Cornbleth, C. (1990). *Curriculum in context.* London: Falmer Press.

Cuban, L. (1993). *How teachers taught: Constancy and change in American classrooms, 1890 - 1990* (2nd. ed.). New York: Teachers' College Press.

Dowling, P. (1998). *The sociology of mathematics education: Mathematical myths/pedagogic texts*. London: The Falmer Press

Forman, E. A. (1996). Learning mathematics as participation in classroom practice: Implications of sociocultural theory for educational reform. In L. P. Steffe, P. Nesher, P. Cobb, G. Goldin, B. Greer (Eds.) *Theories of mathematical learning* (pp. 115- 130). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Hargreaves, A. (1994). *Changing teachers, changing times: Teachers' work and culture in the postmodern world.* London: Cassell.

Jaworski, B. (1994). *Investigating mathematics teaching*. London: Falmer Press.

Jita, L. (1998). Resources for transforming science teaching in schools. In Africa, H. P., Hubert, J. C., Miller, A. & Moja, T. (Eds.) *Education Africa Forum* (2nd. ed., pp. 52-55). Pinegowrie, South Africa:

Education Africa.

Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B. (Eds.) (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics.* National Academy Press: Washington.

Lave, J., Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Love, E., Pimm, D. (1996). 'This is so': A test on texts. In A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (Eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 1207- 1234). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Meira, L. (1995). Mediation by tools in the mathematics classroom. In L. Meira & D. Carraher (Eds.), *Proceedings of the 19th international conference for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp.102-111). Recife, Brazil: Universidade Federal de Pernambuco.

Restivo, S. (1994) The social life of mathematics. In P. Ernest (Ed.), *Mathematics, education and philosophy: An international perspective* (pp. 209-220). London: Falmer Press.

Sebide, K. (1998). Class size and pupil achievement: a literature survey. In Joint Education Trust (JET). *President's education initiative. Appendix C.* Johannesburg, South Africa: JET/DANIDA.

Setati, M., Molefe, T., Langa, M. (2008) Using Language as a Transparent Resource in the Teaching and Learning of Mathematics in a Grade 11 Multilingual Classroom. *Pythagoras, 67,* 14-25*.*

Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher, 27*(2), 4-13.

Szendrai, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (Eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Walkerdine, V. (1988). *The Mastery of reason: Cognitive development and the production of rationality*. London: Routledge.

Annexe Table1 : Catégorisation des ressources mobilisées pour les mathématiques scolaires

<table>
<tr><th colspan="4">Ressources élémentaires – pour assurer les fondamentaux de la scolarité</th></tr>
<tr><th colspan="2">Ressources</th><th>Exemples</th><th>Commentaires</th></tr>
<tr><td colspan="2">Matérielles</td><td>Bâtiments scolaires, eau courante, électricité, clôture, bureaux, chaises, papier, stylos ...</td><td>Leur absence rend la demande de « plus » évidente et nécessaire</td></tr>
<tr><td colspan="2">Humaines</td><td>Taux d'encadrement, nombre d'élèves par classe, qualification du professeur</td><td>Reconnues comme élémentaires, mais la portée et le contenu de la qualification, comme ce qui serait un nombre optimal d'élèves par classe, est l'objet de discussions.</td></tr>
<tr><th colspan="4">Autres ressources et leur transparence</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Humaine</td><td>Personnes</td><td>Les connaissances du professeur
Les parents</td><td>Ampleur, contenu, orientations (pas de consensus)</td></tr>
<tr><td>Processus</td><td>Collégialité</td><td>Pour assurer la continuité de la pratique comme le changement</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Matérielle</td><td>Technologies</td><td>Tableau, calculatrice, ordinateur, photocopieur</td><td>Nécessité d'invisibilité, pour que la pratique soit vue à travers la technologie</td></tr>
<tr><td>Matériel mathématique scolaire</td><td>Manuels scolaires, autres textes, bûchettes, Geoboards, logiciels</td><td>Les significations mathématiques ne sont pas évidentes ; comme les possibilités pédagogiques, elles sont construites dans l'action ; la pédagogie centrée sur l'apprenant peut devenir trop visible.</td></tr>
<tr><td>Objets mathématiques</td><td>Preuves, bandes numériques, carrés magiques</td><td>Spécifiquement mathématique, mais avec une histoire sociale, doit aussi être visible et invisible.</td></tr>
<tr><td>Objets de tous les jours</td><td>Monnaie, journaux, calculatrices, règles graduées</td><td>Utilisées en dehors des mathématiques, doit aussi être visible et invisible.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sociale et culturelle</td><td>Langage</td><td>L1, L2, changement de langue, verbalisation, communication</td><td>Hypothèse : le changement de langue et le discours sont producteurs. Doit être visible et invisible.</td></tr>
<tr><td>Temps</td><td>Agenda, longueur des périodes, travail à la maison</td><td>La structuration du temps doit être visible et invisible ; avec des nouvelles pédagogies, ou quand il y a rupture de scolarité, peut devenir trop visible.</td></tr>
</table>