

---

# Enseigner la comparaison des décimaux

## Comprendre les procédures à l'œuvre et aider les élèves en difficulté

**Éric Roditi\***

*\* Université Paris Descartes*

*Faculté des Sciences humaines et sociales – Sorbonne*

*Département des Sciences de l'éducation, Équipe EDA*

*45, rue des Saints Pères*

*75006 Paris*

*eric.roditi@paris5.sorbonne.fr*

---

*RÉSUMÉ. La comparaison des nombres décimaux ne repose pas seulement sur un traitement de l'écriture, de la notation, qui consiste à repérer les chiffres et leur position. Pourtant l'enseignement propose souvent des procédures fondées sur ce seul type de traitement. En s'appuyant sur de nombreux travaux antérieurs menés sur ce sujet, une nouvelle recherche portant sur plus de 400 élèves âgés de 10 à 25 ans ainsi que sur des adultes, a permis de mieux comprendre les traitements des nombres qui sont mis en œuvre dans l'activité de comparaison et de repérer des facteurs liés aux difficultés d'apprentissage. Une expérimentation a été menée avec des élèves en difficulté d'apprentissage. Elle a montré qu'une aide conduisant à mettre en relation plusieurs traitements des nombres dans différentes situations, et à confronter les raisonnements corrects ou erronés qui justifient ces traitements, est efficace pour surmonter les difficultés.*

*MOTS-CLÉS : Nombres décimaux, Représentations des nombres, Comparaison des nombres, Difficultés d'apprentissage, Pratiques enseignantes.*

---

## **1. Introduction**

Les nombres décimaux sont indispensables au citoyen pour connaître ou estimer la valeur d'un bien, la mesure d'une longueur ou d'une surface, etc. Les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage des nombres décimaux ont produit des connaissances sur les représentations et les procédures des élèves (Brousseau, 1998, Comiti & Neyret, 1979, Grisvard & Léonard, 1981, Perrin-Glorian, 1986), des ingénieries d'enseignement (Brousseau, 1981, Douady & Perrin-Glorian) et des analyses des pratiques enseignantes (Bolon, 1995, Roditi, 2005). Les programmes français d'enseignement ont évolué quant aux nombres décimaux. Les commissions d'élaboration des programmes connaissent les recherches et leurs résultats. Elles les prennent en compte, au moins partiellement. Pourtant, les évaluations nationales à l'entrée dans l'enseignement secondaire montrent des difficultés d'apprentissage persistantes des élèves. En nous appuyant sur des travaux antérieurs, y compris parmi ceux qui concernent les nombres entiers, nous avons cherché à mieux comprendre les traitements mis en œuvre dans l'activité de comparaison des nombres décimaux. Nous avons identifié des relations entre les difficultés à effectuer des comparaisons et les difficultés à effectuer d'autres tâches portant sur les nombres. À partir des résultats obtenus, un scénario permettant aux enseignants d'aider leurs élèves a été élaboré, expérimenté et évalué.

## **2. Cadres et travaux de référence, problématique générale**

Cette recherche possède une triple inspiration théorique : didactique, psychologique et ergonomique.

Le cadre de la didactique des mathématiques est notre référence majeure quant à l'apprentissage des mathématiques, nous reprenons les hypothèses généralement admises dans ce champ scientifique. Nous supposons que l'apprentissage dépend des situations étudiées, en classe notamment, pour le contenu mathématique qu'elles comportent, mais aussi pour l'organisation de la rencontre entre l'élève et le savoir. Afin d'analyser cette organisation, nous repérons les dynamiques ancien / nouveau (notamment dans le passage des nombres entiers aux nombres décimaux), les dialectiques outil / objet des savoirs (Douady, 1986), les dynamiques contextualisations / décontextualisation (au sens défini par Brousseau, 1998), les registres de représentations des nombres et les changements qui sont proposés (Duval, 1995).

Dans la théorie des champs conceptuels, Vergnaud (1991) définit un concept par les situations qui lui donnent du sens, les invariants opératoires, et les formes langagières et non langagières qui lui sont associées. Ainsi, pour un sujet, le nombre réfère aux situations rencontrées, notamment de dénombrement, de mesure ou de comparaison. Nous appuyant sur les travaux de Vygotski (1985), nous supposons

également que les médiations jouent un rôle important dans l'apprentissage, notamment les aides individuelles ou collectives pour orienter ou réorienter la réflexion des élèves, en distinguant celles qui visent la réalisation de la tâche proposée de celles qui visent directement l'apprentissage, par exemple l'organisation des connaissances mathématiques.

Les premiers travaux concernant l'acquisition du nombre par l'enfant ont montré que le nombre se construit à la fois suivant ses deux aspects cardinal et ordinal : à la fois, le nombre dit combien et il se situe par rapport aux autres nombres. Des travaux menés en psychologie, comme ceux de Hinrichs, Yurko et Hu (1981), ont mis en évidence un effet de « distance symbolique » dans la tâche comparaison de deux nombres entiers : il faut plus de temps pour comparer 53 et 55 que pour comparer 82 et 55. L'activité de comparaison ne se décrit donc pas par totalement un algorithme portant sur les chiffres des dizaines et les chiffres des unités. Des travaux plus récents indiquent l'intérêt de distinguer les aspects sémantiques (valeur) et syntaxiques (notation) (Perret, 1985) associés aux formes langagières représentant les nombres. Les recherches sur les conceptions et les procédures des élèves quant aux nombres décimaux (Comiti & Neyret 1979, Grisvard & Léonard 1981, Perrin-Glorian 1986) décrivent un traitement fréquent des nombres décimaux comme des couples de deux nombres entiers séparés par une virgule, ce qui conduit par exemple à écrire que  $1,38 < 1,275$ .

Malgré les changements de programmes, les difficultés d'apprentissage persistent. Les situations d'introduction des nouveaux savoirs, qui focalisent l'attention des chercheurs, ne sont sans doute pas suffisantes pour garantir à tous les élèves un apprentissage conforme à celui qui est visé. Comment les enseignants peuvent-ils alors aider leurs élèves ? Les aides qu'apporte l'enseignant en classe font partie de sa pratique professionnelle. Il nous semble indispensable de les considérer au sein de la globalité de sa pratique. En référence à la double approche didactique et ergonomique des pratiques enseignantes (Robert & Rogalski, 2002) nous admettons en effet que les pratiques sont à la fois complexes et cohérentes, et que cela leur confère une grande stabilité. Nous avons donc choisi, pour concevoir de nouvelles formes d'aides aux élèves, non seulement de nous appuyer sur des résultats de recherches concernant les élèves et leur apprentissage, mais aussi de nous associer avec les enseignants pour tenir compte de leurs pratiques.

Trois groupes de questions composent finalement la problématique générale de la recherche dont l'objectif est de mieux comprendre les difficultés auxquelles sont confrontés les élèves pour comparer des nombres décimaux, et de concevoir un scénario d'aide qui pourrait leur être apportée afin qu'ils puissent les surmonter. Le premier groupe de questions porte sur les relations entre la capacité à comparer les nombres décimaux et la capacité à les reconnaître ou à les représenter de façon variée et dans différentes situations, par exemple avec de la monnaie ou sur une graduation. Le deuxième groupe porte sur l'identification de procédures mises en œuvre dans la comparaison des nombres décimaux. Il s'agit notamment de savoir si, comme dans le cas de la comparaison des nombres entiers, on identifie un « effet

distance » ou si le traitement syntaxique de l'écriture décimale est la procédure dominante. La troisième question est celle de l'évolution des difficultés : les élèves qui ne suivent plus d'enseignement des nombres décimaux progressent-ils spontanément du fait de la diversité des situations sociales qu'ils rencontrent ou au contraire les difficultés rencontrées à l'école se renforcent-elles une fois quittée l'école ? Le scénario d'aide aux élèves en difficultés a été élaboré en fonction des résultats obtenus, il a été expérimenté et évalué.

### **3. Procédures et difficultés dans la comparaison des décimaux**

La méthodologie relative à l'étude des procédures de comparaison des nombres décimaux repose sur deux questionnaires. Le premier, informatisé et chronométré, a été soumis à des adultes ; les temps de réponses sont interprétés pour rendre compte d'un éventuel « effet distance » dans cette activité. Le second questionnaire a été proposé à 400 élèves âgés de 10 à 25 ans. Il porte sur des activités de comparaison de nombres décimaux, dans des contextes de mesure ou en dehors. Il propose aussi des tâches de reconnaissance et de représentation des nombres décimaux. Les valeurs de différentes variables, déterminées par nos choix théoriques, ont été croisées : âge, capacité à lire et représenter des nombres décimaux, réussite et procédures de comparaison, contexte des comparaisons.

Quarante adultes âgés de 25 à 60 ans ont répondu à notre questionnaire informatisé. Ils devaient comparer des nombres décimaux variables au nombre fixe 0,56. Toutes les raisons qui ont guidé le choix des nombres ne peuvent être exposées ici, néanmoins les résultats significatifs obtenus peuvent être présentés. Le temps de réponse subit des variations autour d'une tendance générale liée à un « effet distance » analogue à celui constaté dans la comparaison des nombres entiers. Ces variations proviennent de différents facteurs comme le nombre de chiffres des nombres à comparer ou le nombre de leurs décimales. L'effet distance n'est pas le seul facteur explicatif du temps de réponse, il apparaît que dans une activité de comparaison, un traitement sémantique est mis en œuvre simultanément à un traitement syntaxique qui permet la lecture des nombres. C'est l'hypothèse que nous adoptons, et qui nous permet de suggérer une piste interprétative des difficultés des élèves : les méthodes enseignées pour comparer les nombres décimaux convoquent essentiellement un traitement syntaxique des écritures décimales, sans doute la plupart des élèves se représentent ce faisant les nombres à comparer de manière suffisante pour effectuer la comparaison, mais certains focalisent sur le traitement syntaxique et se retrouvent en difficulté pour comparer des nombres décimaux.

Au total, 51 questions composent le questionnaire écrit, elles sont suffisamment faciles pour ne pas décourager les élèves ; 39 portent directement sur la comparaison de deux ou plusieurs nombres décimaux, dont 28 hors contexte, et 12 portent sur les registres de représentation des décimaux. Le choix des élèves interrogés a été déterminé en fonction des programmes d'enseignement des nombres décimaux : introduction au CM1 et approfondissement en 4e avec les puissances de 10. Nous

avons évité ces deux niveaux et questionné des élèves de CM2, 6e et 5e (10 à 12 ans pour les élèves sans retard scolaire) ainsi que des élèves de lycée professionnel (16 à 21 ans). Les causes de l'orientation des élèves en lycée professionnel nous laissent supposer que ceux que nous avons interrogés n'étaient pas parmi les élèves les moins en difficulté quand ils avaient de 10 à 12 ans. Au total 402 élèves ont été interrogés dont une centaine par niveau scolaire. Dans les analyses, les résultats obtenus par les élèves sont qualifiés de faibles lorsqu'ils sont inférieurs à la moyenne obtenue moins un écart-type, ils sont dits très faibles lorsqu'ils sont inférieurs à la moyenne obtenue moins deux écart-types.

Afin de rendre compte de l'évolution avec l'âge de la réussite aux tâches de comparaison, nous considérons les quatre groupes d'élèves constitués par le niveau scolaire (CM2, 6e, 5e, LP). Un test d'analyse de la variance au seuil de 1% montre que les réussites moyennes des quatre groupes sont significativement différentes. Les résultats obtenus permettent de conclure à une amélioration de la comparaison des nombres décimaux avec le niveau scolaire, et cela bien que les plus âgés aient été choisis dans un type d'établissements qui regroupent des élèves en difficulté d'apprentissage. Néanmoins, 6% d'entre eux obtiennent des résultats faibles ou très faibles. Ainsi, même si le développement et l'expérience des personnes apparaissent comme des facteurs favorables, ils ne sont pas suffisants pour résorber les difficultés.

Les questions de comparaison de deux décimaux ont permis de retrouver les « règles implicites » erronées élucidées par les travaux précédents : elles sont fréquemment employées pour comparer deux décimaux dans le cas difficile où les parties entières sont égales et où les parties décimales n'ont pas le même nombre de chiffres. L'une d'entre elles, néanmoins, n'a jamais été utilisée par les élèves de lycée professionnels, comme si cette règle se construisait pendant l'enseignement pour pallier certaines erreurs traitées en classe et disparaissait une fois quittée l'école. Nous avons comparé (au seuil de 1%, selon la méthode du khi-2) les réussites aux questions où les nombres à comparer sont présentés oralement ou par écrit : la présentation orale accroît la difficulté de la comparaison. Dans le scénario d'aide à apporter aux élèves en difficulté, nous proposons donc que les discours de l'enseignant soient accompagnés de supports visuels, notamment pour communiquer sur les nombres décimaux.

La variation de réussite aux comparaisons de deux décimaux suivant que la question est posée hors contexte ou en contexte, montre un effet différent suivant que les élèves appartiennent ou non au groupe dont les résultats sont faibles. Les comparaisons effectuées au seuil de 1% par la méthode du khi-2 montrent ainsi que les élèves, dans leur ensemble, commettent significativement plus d'erreurs dans les comparaisons en contexte que dans les comparaisons hors contexte. Au contraire, les élèves du groupe faible commettent moins d'erreurs dans les comparaisons en contexte que dans les comparaisons hors contexte. L'interprétation de ces résultats contrastés est difficile, nous proposons deux hypothèses. Pour les élèves qui ne sont pas en difficulté, l'écriture suffit à accéder au sens du nombre et le contexte est un ensemble d'informations supplémentaires à gérer, qui peut induire en erreur. Par

exemple, pour ces élèves, comparer 1,21 et 1,4 est plus facile que comparer 1,21m et 1,4m car la présence des unités induit une interprétation des parties décimales comme un nombre de cm (1m et 21cm à comparer avec 1m et 4cm). Pour les élèves dont les résultats sont faibles, l'écriture seule ne suffirait pas à accéder au sens du nombre (peut-être pour ces élèves est-il difficile de savoir combien il dit, sans savoir de quoi). Le contexte jouerait alors un rôle facilitant, mais pas toujours suffisant pour contrer des règles implicites fortes de traitement syntaxique des écritures numériques. Dans le scénario d'aide aux élèves en difficulté, nous proposons des situations facilitant l'accès au sens des nombres et permettant simultanément de confronter ce sens à des traitements syntaxiques des écritures numériques.

Quatre registres de représentation des nombres décimaux figurent dans le questionnaire, deux symboliques (écriture à virgule et écriture fractionnaire) et deux graphiques (sur une droite graduée et sur un quadrillage). Les élèves qui ont répondu correctement à toutes ces questions de changement de registre obtiennent un pourcentage de réussite très élevé aux questions comparaisons, la capacité à utiliser plusieurs registres de représentation apparaît comme particulièrement discriminante.

En conclusion de cette étude, trois axes sont retenus pour concevoir un scénario d'aide aux élèves en difficulté pour comparer des décimaux : proposer des situations écrites où les nombres décimaux peuvent être lus et pas seulement entendus, favoriser un traitement sémantique des écritures numériques en faisant exprimer les nombres approximativement et par différents registres de représentation, faire expliciter et critiquer des procédures de comparaison.

#### **4. Un scénario d'aide aux élèves en difficulté pour comparer des décimaux**

L'expérimentation d'un dispositif d'aide pose des problèmes méthodologiques importants : contacter suffisamment de professeurs volontaires et les associer au dispositif sur une partie spécifique et limitée du programme d'enseignement, etc. Comme les aides font partie des pratiques enseignantes dont nous supposons la cohérence, et comme les aides peuvent être apportées en de nombreuses occasions durant l'année scolaire, nous avons préféré un autre mode d'expérimentation. Une enseignante intéressée par ces difficultés d'apprentissage a été associée à la recherche. Elle a participé à l'élaboration du dispositif qu'elle a expérimenté avec onze élèves de collège, ceux qui ont obtenu des résultats faibles ou très faibles et dont les parents et les chefs d'établissement ont accepté l'expérimentation. L'objectif général du scénario est de donner aux enseignants des moyens d'intervenir auprès des élèves qui commettent des erreurs, autrement qu'en leur rappelant les règles de comparaison et en leur montrant la mise en œuvre. Les interactions professeur – élève ont été réalisées lors d'entretiens individuels. Les élèves devaient comparer des nombres décimaux, les représenter, approximativement ou précisément, puis confronter leurs procédures et leurs résultats aux représentations produites, ainsi qu'à d'autres procédures correctes ou

erronées qui leur étaient soumises. Un post-test a été réalisé une semaine après pour évaluer l'effet de ces entretiens

La première séance commence par un court questionnaire de comparaisons de deux décimaux, il s'agit pour l'enseignante de travailler avec l'élève à partir de ses productions. Puis, pour chaque réponse produite, l'enseignante engage l'élève à représenter les nombres comparés grâce à différents supports. Prenons l'exemple de la comparaison de 8,7 et 8,14 ; l'élève devait entourer le plus grand des deux nombres. Si l'élève entoure 8,7, l'enseignante lui dit : « L'autre jour, un élève comme toi avec qui je travaillais, m'a dit que comme 7 était plus petit que 14, 8,7 était plus petit que 8,14. Qu'est-ce que tu en penses ? Comment pourrais-tu faire pour voir qui a raison avec le matériel qui est là ? » Si l'élève a entouré 8,14, l'enseignante cherche à faire expliciter la procédure de l'élève puis l'amène à représenter les nombres et à utiliser ses représentations pour raisonner. Si l'élève n'arrive pas bien à décrire sa démarche, l'enseignante lui suggère la règle implicite qu'il a certainement utilisée : « Un élève m'a expliqué que comme 7 était plus petit que 14, 8,7 était plus petit que 8,14. Qu'est-ce que tu en penses ? » Lorsque l'élève reconnaît sa démarche, l'enseignante lui propose une procédure contradictoire : « Un autre élève, comme toi avec qui je travaillais m'a dit que 7 dixièmes c'était pareil que 70 centièmes, et que 70 étant plus grand que 14, c'était 8,7 qui était plus grand que 8,14. Qu'est-ce que tu en penses ? Comment pourrais-tu faire, avec le matériel qui est là, pour voir qui a raison ? ». Durant la deuxième séance, l'enseignante propose une série de comparaisons où l'élève doit à chaque fois utiliser le matériel avant de décider lequel des deux nombres est le plus grand, puis une autre série où le matériel n'est pas disponible, mais où l'enseignante demande à l'élève de se référer à une représentation autre que l'écriture décimale pour justifier sa réponse.

Ces entretiens confirment qu'une réussite isolée ne prouve pas que la comparaison des décimaux est acquise ; les explications fournies par les élèves, même lorsqu'elles sont correctes, sont souvent fragiles lorsqu'elles portent sur l'écriture seulement : « je dois rajouter un zéro avant de comparer » ou encore « le premier chiffre après la virgule est plus grand ». La règle du « couple d'entiers » est clairement explicitée par ceux qui l'utilisent, et elle déstabilise facilement ceux qui ne se trompaient pas. En revanche, les autres règles ne sont pas explicitées par les élèves qui les utilisent, mais ils les reconnaissent quand on les leur énonce.

Dans sa conception, le scénario d'aide reprend donc les résultats obtenus grâce aux questionnaires soumis aux adultes et aux élèves. Les nombres décimaux sont écrits, et ce qui est dit est en relation avec ce qui est écrit. Les consignes données par l'enseignante favorisent un traitement sémantique reposant à la fois sur la recherche de valeurs approchées et sur le changement par registres de représentation. Les questions posées poussent les élèves à expliciter et à critiquer les procédures qu'ils utilisent pour comparer des décimaux. En outre, les modalités de travail proposées aux élèves et les interactions verbales qui en découlent sont gérables en classe, conformément à nos analyses des pratiques des professeurs de mathématiques (Roditi, 2005). Les enseignants interviennent en classe, souvent, et le plus souvent

sous la forme d'un échange direct avec l'élève. Les questions élaborées pour le scénario permettent d'une part de laisser l'enseignant prendre des initiatives et permettent aussi de faire intervenir les autres élèves. Il suffit de remplacer « L'autre jour, un élève comme toi avec qui je travaillais, m'a dit que... » par l'intervention d'un autre élève de la classe dont on a repéré à l'avance la production et les arguments. Avec ce type d'interventions, prévues, on échappe au modèle caricatural selon lequel l'enseignant propose des situations et laisse les élèves apprendre par la seule réalisation des tâches proposées.

Le post-test proposait des comparaisons de décimaux analogues à celles du premier questionnaire que nous considérons ici comme un pré-test. Les élèves ont produit 35,6% de réponses fausses au pré-test et seulement 0,6% de réponses fausses au post-test. Une comparaison au seuil de 1% a été réalisée selon la méthode du khi-2, elle confirme que la différence de pourcentage est significative. Néanmoins, nous restons prudent quant à ces résultats. Le post-test a été réalisé seulement une semaine après les séances d'aide qui ont été confiées à une seule enseignante, si bien que certains facteurs ignorés dans la recherche ont pu intervenir. Bien qu'ils fussent tous en difficulté et qu'ils aient réalisé des progrès importants, les élèves qui ont suivi le dispositif d'aide étaient peu nombreux, les résultats demandent à être confirmés avec un effectif plus important. Enfin, la transposition en classe du scénario d'aide n'a pas été réalisée, une évaluation dans les conditions ordinaires reste nécessaire.

## 5. Conclusions et perspectives

La procédure de comparaison des nombres décimaux ne repose pas seulement sur un traitement syntaxique de l'écriture décimale, elle repose aussi simultanément sur un traitement sémantique qui met en jeu l'ordre de grandeur des nombres à comparer. Pourtant, l'enseignement propose souvent, comme seule approche, un traitement de l'écriture numérique qui vise à comparer les chiffres de la partie décimale ou à compléter par des zéros pour que les parties décimales des décimaux à comparer aient le même nombre de chiffres. La capacité à comparer des décimaux dépend aussi de la connaissance de ces nombres : non seulement les élèves qui savent changer de registre de représentation des nombres décimaux, les comparent sans se tromper, mais ceux qui ne savent pas bien le faire se trompent beaucoup plus souvent. Lorsque les nombres à comparer sont présentés dans une situation, les élèves en difficulté réussissent mieux les comparaisons, comme s'ils utilisaient la situation pour donner du sens aux nombres à comparer. Enfin, même si les élèves les plus âgés réussissent mieux que les jeunes, certains d'entre eux restent en grande difficulté et ne pourront progresser sans aide spécifique.

La compréhension des difficultés rencontrées par certains élèves laisse supposer qu'une aide efficace pourrait leur être apportée en les conduisant à changer de registre de représentation des décimaux (monnaie, graduation, etc.) et à mettre en relation ces représentations des nombres et différentes procédures pour comparer les décimaux. Une expérimentation menée par une enseignante avec les élèves de 11-12

ans les plus en difficulté laisse penser qu'un tel travail est efficace. Les modalités d'intervention ont été précisément définies pour être utilisables en classe auprès de ceux qui restent en difficulté après l'institutionnalisation des procédures à mettre en œuvre pour comparer des nombres décimaux. Elles visent simultanément le développement et l'organisation de leurs connaissances sur ces nombres. Une expérimentation complémentaire portant sur davantage d'élèves, avec plus d'enseignants, réalisés dans les conditions ordinaires de la classe, et avec des évaluations à court, moyen et long terme reste nécessaire pour confirmer ces premiers résultats.

## 6. Bibliographie

- Bolon J. (1995), *Comment les enseignants tirent-ils parti des recherches faites en didactique des mathématiques ? Le cas de l'enseignement des décimaux à la charnière école - collège*, Thèse de didactique des mathématiques de l'Université Paris 5.
- Brousseau G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, La pensée sauvage, Grenoble.
- Comiti C. & Neyret R. (1979), À propos des problèmes rencontrés lors de l'enseignement des décimaux en classe de cours moyen, *Grand N* n°18, 5-20.
- Douady R. (1986), Jeux de cadres et dialectique outil-objet, *Recherches en Didactique des Mathématiques* n°7.2, 5-31.
- Duval R. (1995), *Sémiosis et pensée humaine*, Peter Lang, Berne.
- Grisvard C. & Leonard F. (1981), Sur deux règles implicites utilisées dans la comparaison de nombres décimaux positifs, *Bulletin de l'APMEP* n°327.
- Hinrichs J.V., Yurko D.S. et Hu J.M. (1981), Two-digit number comparison : Use of place information. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 7.4, 890-901.
- Neyret R. (1979), Décimaux, *Grand N* n°17, 5-20.
- Perrin-Glorian M.-J. (1986), Représentations des fractions et des nombres décimaux chez des élèves de CM2 et de collège, *Petit x* n°10, 5-29.
- Robert A. & Rogalski J. (2002), Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 2.4, 505-528.
- Roditi E. (2005), *Les pratiques enseignantes en mathématiques – Entre contraintes et liberté pédagogique*, L'Harmattan, Paris.
- Vergnaud G. (1991), La théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 10.2/3, 133-170.
- Vygotski L. (1985), *Pensée et langage*, Paris : Messidor.