International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1489-1496

http://www.ijias.issr-journals.org/

ANALYSE ECOLOGIQUE DE LA NOTION D'EQUATION DANS LES PROGRAMMES DE MATHEMATIQUE EN PREMIERE ANNEE SECONDAIRE

Jean-Marie KAPENGA KAZADI NTUNDULA

Professeur associé, Département de Mathématique & Informatique, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

ABSTRACT: Dans cet article, il est mené une analyse écologique de la notion d'équation dans les programmes de mathématique de 1983 et de 2005 pour la classe de première année secondaire. Elle recherche les habitats et les niches de l'objet de savoir « équations » dans les programmes de 1983 et de 2005. .

KEYWORDS: Programme, objet de savoir, équation, rapport personnel, rapport institutionnel, habitat, niche.

1 INTRODUCTION

Lorsqu'un enseignant prépare son cours, le premier document de référence auquel il recourt est le programme. En effet, ce document indique avec précision, dans un premier temps, ce que le professeur est tenu de faire, en termes de contenu de matières à enseigner et de directives méthodologiques.

L'analyse d'un programme, produit de la noosphère[1], permet d'identifier un rapport institutionnel à un objet de savoir O à enseigner, attendu dans l'institution scolaire. Dans le cadre de cette étude, elle permet de mettre en évidence le rapport institutionnel à l'objet de savoir équations dans la classe de première année secondaire. Cette analyse permet aussi et surtout de mettre en évidence un « système de conditions et de contraintes » auxquelles tout enseignant est soumis. Ainsi le rapport personnel d'un professeur à cet objet de savoir va se forger « sous la contrainte du rapport institutionnel » (Chevallard, 1992, p. 89) à ce même objet. La liberté de chaque enseignant, dans ce cadre, est alors définie de la manière suivante :

« *Une personne X est assujettie à une foule d'institutions. Je poserai ici l'axiome qu'une personne n'est en fait rien d'autre que l'émergent d'un complexe d'assujettissements institutionnels. Ce qu'on nomme « liberté » de la personne apparaît alors comme l'effet obtenu en jouant un ou plusieurs assujettissements institutionnels contre d'autres. »* (Ibid., p. 91).

Plus précisément, ce sont les outils de l'approche écologique du didactique qui, à partir d'une analyse du « texte du savoir », permettent d'identifier le rapport institutionnel à l'objet de savoir en position d'enseignant :

« […] *l'analyse écologique du texte d'enseignement* […] *permet l'exploration de la clôture institutionnelle de l'univers du savoir enseigné, et consiste en l'analyse des interrelations entre objets, sous-objets et sur-objets présents dans le texte d'enseignement, afin de mettre en lumière, notamment leurs habitats et leurs niches écologiques, les niveaux trophiques, etc. C'est alors à ce niveau que peut être posé le problème de l'identification des objets institutionnels et de l'analyse du contenu des rapports institutionnel et officiel à un objet O^s et de leur évolution* […].» (Ibid., p.233)

[1] La noosphère est la « sphère où l'on pense le fonctionnement didactique » qui est constitué des « représentants du système d'enseignement » et des « représentants de la société » (Chevallard, 1981).

Quelques concepts de la Théorie anthropologique du didactique (TAD) et de l'Ecologie des savoirs

La TAD s'appuie sur trois termes primitifs : les objets (O), les personnes (X) et les institutions (I).

Chevallard considère que tout objet, en particulier, toute œuvre, c'est-à-dire tout produit de l'activité humaine est *objet*.

Un *objet* O existe dès lors qu'une personne ou qu'une institution reconnaît cet objet comme existant pour elle, ou de façon plus précise s'il existe un *rapport personnel* de X à O [noté R(X, O)] ou un *rapport institutionnel de I à O* [noté R(I, O)]. Ainsi, un objet n'existe que parce qu'il est connu d'une personne (ou d'une institution), il n'existe qu'en tant qu'objet de connaissance.

La *personne* est définie comme le couple formé par un individu X et le système de ses rapports personnels R(X, O). Lorsqu'une personne entre dans une institution didactique, son rapport personnel à un objet de savoir O^s s'établit (s'il n'existait pas auparavant) ou se modifie (s'il existait déjà) sous la contrainte du rapport institutionnel à cet objet. Chevallard décrit le lien entre les individus et les institutions en termes d'assujettissement. Etre sujet d'une institution, cela veut dire à la fois être soumis à l'institution et soutenu par elle. Une personne peut être sujet de plusieurs institutions.

Une *institution* est donc un dispositif social « *qui permet* – et *impose – à ses sujets (personnes), la mise en jeu de manières de faire et de penser propres »*. De manière générale, le rapport institutionnel met l'accent sur ce qui se fait avec l'objet et explique comment l'objet doit être mis en œuvre ou encore, en termes plus imagés, il est ce qui apparaît quand on observe le « destin » de l'objet de l'institution (Chevallard cité par Ravel, p.18).

Artaud (1997) soutient que le questionnement écologique était présent dès les premières études sur les processus transpositifs. La théorie de la transposition didactique distinguait déjà trois grands ensembles de conditions permettant aux mathématiques d'exister dans le système d'enseignement :

« *Tout d'abord, les mathématiques enseignées doivent être compatibles avec leur environnement social, en particulier avec la sphère de production des mathématiques, d'une part, avec l'institution des « parents » d'autre part. Ensuite, les mathématiques enseignées doivent pouvoir être présentées séquentiellement, les notions mathématiques se succédant sur l'axe temporel linéaire du temps didactique (chronogenèse). Enfin, elles doivent définir deux rapports institutionnels, l'un en position de professeur, l'autre en position d'élève (topogenèse) »* (Artaud, 1997, pp. 103-104).

Les questionnements écologiques permettent de s'interroger sur l'existence des objets :

« La problématique écologique se présente, d'emblée, comme moyen de questionner le réel. Qu'est-ce qui existe, et pourquoi ? Mais aussi, qu'est-ce qui n'existe pas, et pourquoi ? Et qu'est-ce qui pourrait exister ? Sous quelles conditions ? Inversement, étant donné un ensemble de conditions, quels objets sont-ils poussés à vivre ou au contraire sont-ils empêchés de vivre dans ces conditions ? » (Artaud, 1997, p. 101).

Un objet ne peut vivre de façon isolée, il est nécessaire qu'il prenne place au sein d'une organisation mathématique plus ou moins développée. Il doit donc entrer en interrelation avec d'autres objets. Les différents lieux où vont se nouer ces interrelations constituent des *habitats* pour l'objet. Les fonctions que remplit un objet au sein d'un habitat donné constituent les *niches* de l'objet.

« Un objet *ne pouvant pas vivre isolé, il sera nécessaire de faire vivre un complexe d'objets autour des fonctions génératrices et les objets avec lesquels elles entrent en association, ce que l'on appellera les habitats. Puis regarder en chacun de leurs habitats, la niche écologique qu'elles occupent, c'est-à-dire, en quelque sorte la fonction qui est la leur* » (Ibid., p. 111)

L'articulation de deux notions d'habitat et de niche permet de définir une méthodologie pour décrire le rapport institutionnel d'une institution I à un objet de savoir O^s : il s'agit d'examiner en quels lieux où O^s est présent, quels sont les autres objets présents, quelles relations ils entretiennent entre eux, quel est le rôle de O^s dans le système d'objets avec lesquels il est en relation.

En référence à ces éléments théoriques, nous conduisons une analyse écologique des programmes de première année secondaire.

2 PROBLEMATIQUE

A la lumière des travaux d'Artaud (1997), nous nous posons les questions suivantes :

1. Etant donné un ensemble de conditions, quels objets sont poussés à vivre, ou au contraire sont empêchés de vivre dans ces conditions ?
2. Quels seront les habitats ou les différents lieux de vie de l'objet de savoir équations ?
3. Quelles seront, dans ces habitats, les niches écologiques, ou les fonctions, occupées par les équations ?

3 ETAT DE LA QUESTION

De nombreuses recherches relatives à l'analyse écologique des programmes ont été menées ailleurs et la littérature ne révèle aucune en RDC. Nous citons la thèse de Ravel qui fait une analyse écologique des programmes relatifs à l' « objet de savoir » arithmétique. S'appuyant sur les travaux d'Artaud (1997), elle se demande alors « étant donné un ensemble de conditions, quels objets », au sein de l'arithmétique, « sont poussés à vivre, ou au contraire sont empêchés de vivre dans ces conditions » ? Elle a pour apporter des réponses à ces questions, choisi de faire une analyse écologique comparative des programmes français de terminales scientifiques de 1886 à 2006.

4 ANALYSE ECOLOGIQUE DES PROGRAMMES

Pour apporter des réponses aux questions posées plus haut, nous avons opté de faire une analyse écologique comparative des programmes de 1981 à ce jour. Les différences, les similitudes et les évolutions des différents programmes permettent « d'éclairer » le processus de transposition didactique qui a eu lieu ces dernières années et de déterminer les conditions écologiques actuelles de vie des équations. Par ailleurs, se poser la question des conditions de vie des équations dans les anciens programmes permet de mieux comprendre et de mieux appréhender les rapports institutionnels de même que les rapports personnels actuels de certains enseignants aux équations. En effet, les professeurs qui doivent aujourd'hui enseigner les équations ont été « assujettis », en tant qu'élève ou en tant qu'enseignant, à des systèmes de contraintes institutionnelles qui ont existé à propos des équations dans le passé. Ces différents assujettissements sont potentiellement source de « libertés » pour l'enseignant.

4.1 PROGRAMME DE 1983

Dès 1970, le Centre de Recherche en Enseignement de la Mathématique (CREM) fut lancé avec ses nouveaux programmes, d'abord à l'essai et puis à partir de 1973 de façon essentielle. Le CREM a publié plusieurs manuels pour les programmes qu'il proposait. Cet élan s'est estompé à partir de la Quatrième année secondaire car les programmes proposés par le CREM sont restés au niveau de projet et à partir de cette année jusqu'aux examens d'Etat, ce sont les programmes transitoires élaborés à partir de 1977 qui ont été d'application. Ensuite la réforme de 1981 a introduit quelques nouveaux programmes mais ils ont été retirés de la circulation en 1982. Une nouvelle réforme a commencé en 1983 et c'est en 1990 que la phase expérimentale a pris fin.

Le programme de Première année précise dans les « remarques générales » que « *les propriétés mises en valeur, à partir d'exemples numériques simples et admises avec prudence, c'est-à-dire, après la recherche d'un contre-exemple éventuel seront les suivantes :*

$a + b = b + a$

$(a+b)+c = a + (b+c)$ *(On mettra en valeur le rôle des parenthèses comme ordre des opérations à effectuer).*

$a + o = a = o + a$

On constatera que $a + b = o$ *si et seulement si* $a = o$ *et* $b = o$*.*

On fera remarquer que l'ensemble N est infini.

On vérifiera que : $a + b = a + c$ *si et seulement si* $b = c$*.*

Les propriétés de l'addition seront utilisées systématiquement dans de nombreux exercices tant oraux qu'écrits. On reprendra les techniques tant du calcul écrit que du calcul mental.

Pour préparer la soustraction dans N, on abordera des résolutions d'équations du type $x + b = a$ *avec* x *qui est un naturel.*

On pourra prudemment aborder l'emploi du signe « ≤ » à partir de l'équation x + b = a qui donne une solution si et seulement si b ≤ a. » (EPSP 1988, p. 16)

Les équations ne sont donc pas considérées par le programme de 1983 comme étant un sujet d'étude à part entière. Leur habitat dans l'institution Classe de première année secondaire est la théorie des ensembles. Nous avons pu mettre en évidence deux niches, à savoir la *niche ensembliste* et la *niche calcul numérique***.** En effet, les directives insistent sur l'utilisation systématique des propriétés de l'addition dans de nombreux exercices tant oraux qu'écrits. Les équations du type x + b = a ne sont introduites que pour préparer l'enseignement de la soustraction dans N et plus tard dans Z. C'est en troisième année secondaire que l'on trouve explicitement les équations comme sujet d'étude dans le chapitre intitulé : Application linéaire et affine, équation et système d'équations du 1er degré.

4.2 PROGRAMME DE 2005

Les programmes officiels de mathématique actuellement en vigueur au secondaire en République Démocratique du Congo ont été publiés en 2005 par le Ministère de l'EPSP. Ils ont été « conçus selon une approche pédagogique basée sur le développement, dès l'école, des compétences et des capacités mobilisant à la fois savoir-faire et savoir-être » (EPSP, 2005, p. i).

Ces nouveaux programmes se basent sur deux principes directeurs, à savoir : l'unité fondamentale et la cohérence des mathématiques d'une part, et d'autre part, les mathématiques entendues comme langage de codification des autres sciences. Ils proposent une construction progressive des concepts. « Il préconise le recours à des situations-problèmes comme points de départ à une structuration théorique » (EPSP, 2005, p.2). Cette construction du savoir, selon le concepteur des programmes, doit aboutir au développement « chez l'élève des méthodes implicites de formulation, de validation et d'institutionnalisation » (EPSP, 2005, p.2).

Les sujets d'étude retenus, comme celui des équations du premier degré à une inconnue, trouvent un ancrage dans des intuitions et des connaissances des élèves, et se prêtent à des activités de recherche, de conjecture et de démonstration, des programmes précisent, pour chaque entité de matière l'une ou l'autre approche, cernent l'essentiel et indiquent les objectifs en relevant les compétences de base.

En parcourant le programme de la première année à la sixième secondaire, un objet mathématique y est présent : l'équation. Cela dénote de l'importance de cet objet. Mais la façon dont il est construit l'est d'autant plus : les programmes insistent particulièrement sur la notion de résolution de problèmes, et celle de modélisation que permet l'objet.

La partie d'algèbre se compose de six chapitres :

1. les nombres naturels ;
2. les nombres entiers relatifs ;
3. les nombres décimaux ;
4. les fractions ;
5. les expressions littérales ;
6. les équations.

Ci-dessous un extrait du programme sur les expressions littérales et les équations :

Tableau 1. Extrait du Programme national de mathématique 1ère secondaire

OBJECTIFS SPECIFIQUES	CONTENU	INDICATIONS METHODOLOGIQUES
	E. EXPRESSIONS LITTERALES	
Ecrire et interpréter une expression littérale	Ecriture et transformation des expressions littérales	On écrira les expressions littérales à partir des formules de calcul du périmètre, de l'aire et du volume. On accordera toute l'attention et tout le temps nécessaire pour expliquer le rôle et le sens de la lettre dans les expressions littérales
-Transformer une expression littérale	-Transformation des expressions littérales	On utilisera l'égalité pour la transformation des expressions. On familiarisera l'élève à la convention d'écriture a.b = ab et 5.a = 5a
-Calculer la valeur numérique d'une expression littérale	-Valeur numérique d'une expression littérale	On calculera la valeur numérique d'une expression littérale en remplaçant dans cette expression des lettres par des nombres
	F. EQUATIONS DANS D	
Lire, écrire, résoudre les équations du premier degré à une inconnue	-Equations du premier degré	On ne traitera que les équations du 1er degré à une inconnue de la forme a+x=b, ax=b, ax +b =c (a, b, c sont des entiers).
Résoudre et construire des situations-problèmes utilisant une équation du 1er degré à une inconnue	Problèmes conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue	On résoudra des problèmes simples conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue en suivant les étapes suivantes : -lecture du problème ou formation du problème ; -mise en équation ; -résolution -vérification

Source : Programme national de mathématique 2005

L'objectif terminal d'intégration de la première année est libellé en ces termes : « Au terme de l'enseignement de mathématique en 1ère secondaire, l'élève sera capable de résoudre une situation-problème en rapport avec les nombres, les opérations, les expressions, les équations et l'orientation dans l'espace ». (EPSP, 2005, p.4)

Les compétences pédagogiques de base exigées des élèves sont :

« CB1 : Face à toute situation relative à la mathématique, l'élève devra effectuer les opérations graphiques, algébriques et géométriques sur les différents nombres.

CB2 : Face à une situation mathématique, l'élève devra être capable de calculer et comparer les différentes grandeurs » (EPSP, 2005, p.4)

En dehors des objectifs fixés dans le programme et les indications méthodologiques qui y figurent, aucun autre document officiel n'est mis à la disposition de l'enseignant. Les seuls documents dont se sert l'enseignant sont les manuels scolaires qui ont obtenu un agrément de la direction des Programmes scolaires et Matériel didactique du Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel (EPSP). Cet agrément officialise ces manuels et propose leur utilisation comme documents de travail.

Nous notons d'abord l'insistance du programme sur l'enseignement/apprentissage des expressions littérales à partir des formules de calcul du périmètre, de l'aire et du volume. Et aussi l'attention et le temps nécessaire pour expliquer le rôle et le sens de la lettre dans des expressions littérales.

Pour l'initiation aux expressions littérales, l'élève doit s'entraîner à schématiser un calcul en utilisant des lettres qui, à chaque usage, seront remplacées par des valeurs numériques. Les compétences pédagogiques de base qu'on devrait exiger des élèves sont d'appliquer une formule littérale dans une situation familière. Sur ce point, le programme est muet.

Le programme est aussi muet pour ce qui concerne les compétences exigibles des élèves sur les équations en lien avec leurs connaissances du primaire. Partant de ces connaissances, nous pensons que les compétences suivantes devraient être exigées :

- Trouver, dans des situations familières simples,
  - Le nombre à ajouter à un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Le nombre à retrancher d'un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Un nombre par lequel multiplier un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
  - Un nombre par lequel diviser un nombre donné pour obtenir un résultat donné ;
- Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données.

Le programme de 2005 place les équations dans l'habitat *Arithmétique – Algèbre*. Nous trouvons que les équations occupent la *niche calcul numérique*, la *niche langage mathématique*, la *niche raisonnement*, la *niche algorithmique* et la *niche culturelle*.

Par niche langage mathématique, nous entendons la fonction qu'ont les équations d'exprimer symboliquement ce qui est couramment déclaré. On peut le voir dans la citation suivante du programme :

« *Ce document, né des propositions des enquêtés, de l'analyse de l'ancien programme des mathématiques et du programme de certains pays africains et européens, prend en considération deux principes directeurs : l'unité fondamentale et la cohérence des mathématiques d'une part et, d'autre part, les mathématiques entendues comme langage de codification des autres sciences. (EPSP 2005, p.1)*

Par le truchement des équations, les élèves sont appelés à traduire mathématiquement un énoncé du problème donné pour le résoudre. Cette fonction s'exerce surtout à l'étape de la mise en équation.

Par la niche raisonnement, nous entendons la fonction que jouent les équations dans la justification à chaque étape des résultats obtenus. En effet, pour équation donnée ou pour chaque problème nécessitant une mise en équation, leur résolution exige que les élèves aient à justifier le passage d'une étape à une autre en s'appuyant sur des propriétés relevant d'une théorie donnée. La vie de cette niche est justifiée par les citations suivantes :

« *Au terme de l'enseignement des mathématiques en 1ère secondaire, l'élève devra résoudre une situation-problème en rapport avec les nombres, les opérations, les expressions, les équations et l'orientation de l'espace. » (EPSP 2005, p.8)*

Pour ce qui est des équations, le schéma proposé est dans la citation suivante :

« *On résoudra les problèmes simples conduisant à une équation du 1er degré à une inconnue en suivant les étapes suivantes :*

- *Lecture du problème ou formulation du problème*
- *Mise en équation*
- *Résolution*
- *Vérification. »* (EPSP 2005, p. 8)

Les équations offrent une occasion propice pour la mise en œuvre de cette exigence.

La niche calcul numérique est présente car, dès le départ, les élèves auront à calculer la valeur numérique d'une expression littérale ; ensuite, la recherche de l'inconnue d'une équation donnée et à vérifier l'exactitude de la solution trouvée.

Par niche culturelle, nous entendons la fonction que jouent les équations dans la vie courante, notamment dans la résolution de problèmes dans divers domaines tels que la géométrie, le commerce, etc. Il s'agit ici de la transversalité de cet objet de savoir dont l'importance dans divers domaines n'est plus à démontrer.

Dans l'introduction du programme de 2005, les concepteurs disent ceci :

« *Dans le souci de moderniser cette discipline demeurée jusque-là inadaptée à l'évolution technologique, il est recommandé l'usage de l'ordinateur et de la calculatrice qui sont devenus des piliers de la société moderne. »* (EPSP 2005, p.2)

Même si les concepteurs du programme ne disent pas clairement comment ces outils technologiques pourraient être introduits pour qu'ils soient utilisés par les élèves, une de notions où cette utilisation est possible est la résolution des équations. Mais cette niche ne vit pas dans la classe de première année secondaire. Elle devrait être le lieu naturel de sensibilisation à l'algorithmique où la nécessité d'être précis impose rigueur et clarté du raisonnement. En liant algorithmique et raisonnement, on peut faire l'hypothèse que les concepteurs de programme souhaitent dépasser le clivage fortement présent dans le corps enseignant entre mathématiques « classiques », qui correspondent au raisonnement et à la rigueur, et les mathématiques « expérimentales » non rigoureuses. Pour inciter les enseignants à faire vivre la niche algorithmique des équations dans la classe de première année secondaire, des exemples de mise en œuvre d'algorithmes à l'aide de moyens technologiques (calculatrices) devraient être mentionnés dans le programme.

5 CONCLUSION

En comparant les programmes de 1983 et celui de 2005, nous constatons que l'objet de savoir équations est présent dans celui de 1983 pour introduire la soustraction dans N et dans celui de 2005 comme sujet d'étude à part entière, un chapitre entier. Et les équations sont introduites dans ce dernier programme à la fois comme objet et comme outil au sens de Douady et jouent plusieurs fonctions. Le programme de 1983 s'insère dans l'esprit de la réforme de 1970 qui se basait sur la théorie des ensembles et ne comporte que deux niches : la niche ensembliste et la niche calcul numérique. Celui de 2005 a pour habitat Arithmétique – Algèbre et comporte cinq niches, à savoir les niches langage mathématique, raisonnement, calcul numérique, algorithmique et culturelle.

Le programme de 2005 exige l'initiation aux expressions littérales à partir des formules de calcul de périmètre, de l'aire et du volume, vues au primaire. Ces notions sont totalement absentes du programme de 1983. Leur présence dans le programme de 2005 s'explique par le fait qu'elles sont une voie obligée pour mieux introduire les équations qui sont en fait des expressions littérales.

REFERENCES

[1] Arsac, G. (1989). La transposition didactique en mathématiques, in IREM et LIRDIS de Lyon (eds). *La transposition didactique en mathématiques, physique et biologie, (pp. 3-36).* Lyon.

[2] Artaud, M. (1997). Introduction à l'approche écologique du didactique. L'écologie des organisations mathématiques et didactiques. *Actes de la IX^{ième} Ecole d'été de didactique des mathématiques,* Houlgate, pp. 101-139, IUFM de Rennes.

[3] Artaud M. (2005). La TAD comme théorie pour la formation des professeurs. *Actes du 1er Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique.* Jaen, Espagne. Chevallard, Y. (1985). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Première partie. *Petit x,* n° 5, IREM de Grenoble, pp. 51-94.

[4] Assude T. (1996). De l'écologie et de l'économie d'un système didactique : une étude de cas. *Recherches de Didactique des Mathématiques, Vol. 16,* n° 1, pp. 47-72. Chevallard, Y. (1989a). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. *Petit x,* n° 19, IREM de Grenoble, pp. 43-75.

[5] Chevallard Y. (1989). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. *Séminaire de didactique des Mathématiques et de l'Informatique,* n° 108, pp. 211-236.

[6] Chevallard, Y. (1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Troisième partie. *Petit x,* n° 30, IREM de Grenoble, pp. 5-38.

[7] Chevallard Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 12*, n° 1, pp. 83-121.

[8] Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'U.E. de la Rochelle.*

[9] Chevallard, Y. (2002a). Organiser l'étude 1. Structures et fonctions. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^{e} école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 3 – 22). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[10] Chevallard, Y. (2002b). Organiser l'étude 3. Ecologie et régulations. In Dorier J.-L. & alii (eds), *Actes de la 11^{e} école d'été de didactique des mathématiques – Corps – 21-30 Aout 2001,* (pp. 41-56). Grenoble : La Pensée Sauvage.

[11] Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques, in Communication aux *3èmes Journées d'études franco-québecoises* (université René Descartes Paris 5, 17-18 juin 2002), paru dans S. Maury S. & M. Caillot (éds), *Rapport au savoir et didactiques,* Editions Fabert, Paris, 2003, pp. 81-104.

[12] Majaj, M. (2011). *L'enseignement de l'arithmétique en France au collège et à la transition collège/lycée,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

[13] Menssouri, D. (1994). *Essai de délimitation en termes de problématiques des effets de contrat et de transposition : le cas des relations entre droites et équations dans les classes de Seconde et de Première.* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.
[14] Nguyen, A. Q. (2006). *Les apports d'une analyse didactique comparative de la résolution des équations du second degré dans l'enseignement secondaire au Viêt-Nam et en France,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.
[15] Ravel, L. (2003). *Des programmes à la classe : étude de la transposition didactique interne – Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématique,* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1.