L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés

Actes du colloque emf 2006

Statistique et mathématique : y a-t-il vraiment des interactions possibles ?

Linda Gattuso, *Département de mathématiques, Université du Québec à Montréal, Canada*

Résumé

À l'école, la statistique fait partie, la plupart du temps, du programme du cours de mathématiques et par conséquent, elle est enseignée comme telle. Dans ce cadre, l'enseignement met souvent l'emphase sur les calculs statistiques au lieu de promouvoir le développement d'« un authentique point de vue d'analyse des données[1] » (Cobb, 1999, p. 30). Les enseignants évoquent souvent le manque de temps et le programme scolaire pour justifier ce fait. Est-il possible d'imaginer une relation constructive entre la statistique et la mathématique en classe et de mettre fin à cette situation ? Nous voulons examiner des exemples d'activité d'enseignement de la statistique et les analyser d'un point de vue mathématique pour voir si une interaction entre les deux disciplines est possible, voire même souhaitable. Déjà, d'autres disciplines utilisent cette approche interactive. Par exemple, la physique utilise beaucoup de mathématiques et souvent, l'on peut trouver dans les manuels de mathématiques des problèmes placés dans des contextes de physique qui font appel aux notions de vitesse ou de température. Nous croyons qu'il est possible de développer une approche interactive entre la mathématique et la statistique en utilisant la statistique comme un contexte réaliste pour travailler certains concepts mathématiques. Pour cela, il est primordial de souligner les concepts mathématiques qui sous-tendent les concepts statistiques afin de les relier et par la suite, de construire des activités d'enseignement profitables. Dans ce texte, nous tenterons d'illustrer cette idée à partir d'exemples choisis dans la mathématique scolaire et dans la statistique de base.

Introduction

Il n'est pas nécessaire de souligner l'importance de connaître la statistique pour le citoyen moderne et nous sommes de l'avis de Konold (2003) qui dit que sans ces connaissances, il est difficile d'avoir une opinion informée et de participer dans les débats sociaux et politiques qui concernent l'environnement, la santé, l'éducation, etc. Par ailleurs, de nombreux enseignants ne se sentent pas à l'aise avec cette discipline. Ils manquent de confiance en eux et ne sont pas familiers avec l'analyse des données (Russell, S., 1990a). Les enseignants qui n'ont pas de formation spécifique (Hawkins *et al*., 1992) doivent se fier aux manuels scolaires sans pouvoir y déceler les erreurs présentes. Par conséquent, les enseignants sont incapables de reconnaître et de répondre aux conceptions justes ou inadéquates de leurs élèves (Russell, S., 1990a)

D'autre part, l'obligation d'enseigner un sujet pas très bien maîtrisé est génératrice d'anxiété. Des entrevues faites auprès d'enseignants de mathématique italiens révèlent « une sensation d'insécurité due à un manque de préparation en statistique, mais aussi en didactique de la statistique (Gat-

1 Traduction de l'auteur.

tuso et Pannonne, 2002). De plus, les enseignants ne sont pas toujours conscients de la richesse des contenus statistiques qu'ils doivent enseigner. Par exemple, ils pensent que les statistiques descriptives sont faciles et sans intérêt. Conséquemment, la statistique est reléguée à la fin de l'année scolaire sinon complètement évacuée par manque de temps (Aksu, 1990).

Dans ce texte, nous tenterons d'attirer l'attention sur le fait que la statistique peut aussi contribuer à l'apprentissage de la mathématique parce qu'elle enserre plusieurs concepts mathématiques dans de contextes réalistes et motivant. En fait, une grande part des mathématiques a été développée pour décrire et modéliser des phénomènes de la vie, en commençant par la comptabilité quotidienne jusqu'à la médecine et l'économie et souvent l'étude de ces phénomènes fait appel aux statistiques. Il est nécessaire d'associer les concepts des mathématiques à leurs applications en statistique pour faire en sorte que chacune de ces deux disciplines soutienne le développement de l'autre (Dunkels, 1990).

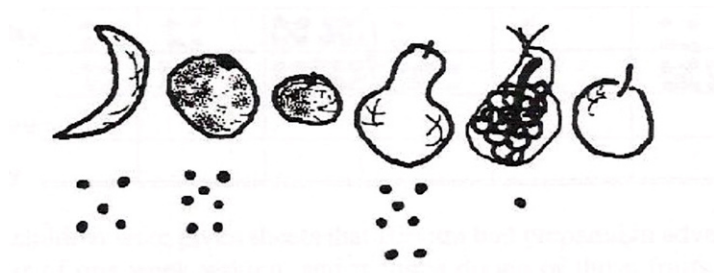
Nous pensons également qu'il est important de tenir compte des incertitudes des enseignants en leur faisant réaliser que, lorsqu'on fait de la statistique, on fait beaucoup de mathématiques. Dans ce but, nous analyserons des activités d'enseignement de la statistique pour l'école élémentaire et secondaire et nous tenterons de mettre en évidence les concepts mathématiques qui y sont inclus.

Un premier pas : L'analyse de données

À l'origine, les mathématiques ont été développées pour faire face aux problèmes quotidiens. On retrouve des nombres dans la vie de tous les jours, dans les comparaisons, les tables, les ordres de grandeur, l'arrondissement, l'estimation, les prix et divers messages numériques. Alors « il est important de développer chez les enfants les images mentales des nombres en parallèle à leur acquisition des habiletés de comptages et de calcul »[2] (Dunkels, 1986, p. 61). La statistique qui tente de décrire le monde qui nous entoure comprend beaucoup de ces mathématiques. Une analyse de certains manuels scolaires et la description de certaines expérimentations révèlent que la statistique contient une grande part des mathématiques des programmes du primaire et du secondaire. L'analyse de données commence habituellement par l'étude des statistiques descriptives particulièrement avec de petites enquêtes ; ces activités relativement simples peuvent même être profitables pour des élèves de la maternelle. Dunkels (1991) décrit une « enquête sur les fruits » expérimentée auprès d'élèves de 6 ans. Au début, les enfants ne font que noter le nombre de fruits de chaque sorte qu'ils ont apporté pour leur collation en dessinant chaque fruit sur un carton. Dans un deuxième temps, utilisant une correspondance d'un à un, ils commencent à compter. Les enfants manipulent des nombres dans un contexte réaliste qui favorise la construction du concept de nombre. Par la suite, diverses voies s'ouvrent à nous.

L'une d'elles est la symbolisation. Cela peut être aussi simple que de replacer chaque « fruit » par un point.

2 Traduction de l'auteur.



Le diagramme des fruits (Dunkels, 1991)

Habituellement, les enfants de 4 à 8 ans concentrent leur attention sur l'individu et l'individuel (Russell, 1990), mais recueillir des données et les organiser systématiquement leur fait réaliser l'existence des autres et les différences. Ceci constitue une expérience du concept de variabilité qui est toujours actif dans les activités de gestion de données.

La construction de représentations graphiques peut aussi être très féconde. Dans un premier temps, il est important de laisser les enfants créer leurs propres représentations ; ensuite, on peut les amener à distinguer les éléments essentiels et repérer ceux qui manquent (titres, source des données, etc.). Progressivement, il devient pertinent de présenter les représentations graphiques traditionnelles telles que les diagrammes à barres, les diagrammes circulaires, les diagrammes à ligne brisée car ils viennent alors répondre à un besoin et ouvrent ainsi la voie à l'étude des fonctions et de leurs graphiques.

Quand les données sont présentées à l'aide d'une représentation graphique ou d'un tableau, il est temps de se demander « Que nous dit cette représentation ? » (Dunkels, 1991, p. 131). Les questions qui permettront un tel examen sont importantes et feront toute la différence ; elles doivent être intéressantes et riches. Cela peut commencer par le comptage « Combien… ? » et poursuivre avec des comparaisons « Quel est le plus grand… ? » ou « quel est le plus petit… ? » Des questions comme celles-ci : « quel est le fruit qui a été choisi par moins de 3 enfants » ou « au moins deux… » ou « plus de cinq… » exigent un comptage mais également, elles introduisent des termes importants tels que moins que, au moins, plus que ». Il est ensuite nécessaire d'ordonner pour trouver « quel serait le second choix » et ainsi de suite pour arriver à ordonner toutes les caractéristiques selon leur fréquence. On touche alors à la distinction entre les nombres cardinaux et les nombres ordinaux.

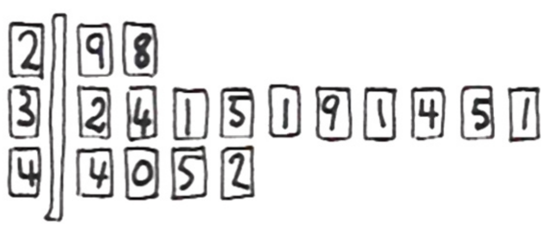
D'autres questions peuvent requérir l'addition et la soustraction. Dans un problème où l'on part d'un sondage effectué par un marchand de fruits, une question comme « Combien de clients préfèrent les pommes ou les bananes ? » (Mighton, 2004, p. 122) réclame une somme. Si l'on demande : « combien de poires de plus que de bananes les enfants ont-ils apportées en classe aujourd'hui ? », on pourrait trouver la réponse en effectuant une soustraction. Cela peut aussi être fait en comptant les points à l'aide d'une correspondance un à un en s'arrêtant, en un premier temps quand les « points-bananes » sont finis et en comptant le reste des « points-poires » ou en disant directement « sept moins cinq, ça fait deux » (avec des enfants plus âgés), et non pas en faisant un calcul mémorisé. Des questions comme : « quel fruit est deux fois plus populaire que les pêches ? » (Mighton, 2004, p. 122) peuvent mener à une multiplication.

On constate qu'une simple activité de gestion de données implique, la cueillette, l'organisation, la catégorisation, l'enregistrement et la symbolisation de données. Cette activité met en action les aspects ordinal et cardinal du concept de nombre et nécessite le recours au dénombrement et aux opérations arithmétiques élémentaires. Ce n'est qu'un début.

Les nombres remplaceront éventuellement les points et les mots prendront la place des dessins qui représentent les différentes caractéristiques des données. De simples pictogrammes prépareront la voie pour des tableaux organisés où les catégories seront ensuite remplacées par des données numériques et éventuellement par des intervalles. Le concept de nombre comme mesure apparaîtra avec les tailles et les poids, par exemple. Les données étant quantitatives, l'ordre devient essentiel. Éventuellement, les concepts se compliquent et les données feront appel à des nombres plus gros, réels, rationnels, décimaux, exigeant un traitement des opérations qui leur est propre.

Les tiges et feuilles

Le graphe de tiges et feuilles expérimenté avec des enfants de divers niveaux de l'école élémentaire, utilisant des données provenant de l'âge des mères, impose une explicitation du concept de nombre (Dunkels, 1986). Les enfants écrivent un nombre à deux chiffres et sont forcés à distinguer les unités des dizaines. Pour faire un graphe tiges et feuilles, il faut absolument ordonner. Et quand les données sont exprimées avec des nombres plus grands, l'arrondissement entre en jeu (« Et alors, vient le pourquoi, comment et combien arrondir ? »). Dans un groupe de 5[e] année travaillant avec la longueur des rivières de leur pays, les enfants ont arrondi les nombres de kilomètres à la dizaine en faisant un graphe de tiges et feuilles (Dunkels, 1991).



(Dunkels, 1986, p. 63)

En plus des mathématiques déjà identifiées, le questionnement, encore ici, peut activer de nouveaux raisonnements et concepts. Dans le cas de l'âge des mères, les données sont quantitatives et permettent de nouvelles questions : « La moitié des mères a plus de quel âge ? », « Est-il possible de trouver la valeur qui sépare les données en deux groupes égaux ? ». Et ainsi, on peut séparer chacun des nouveaux groupes en deux, séparant ainsi l'ensemble initial en quatre parties, cela permet non seulement d'identifier la médiane, les quartiles mais aussi de travailler avec des nombres rationnels (moitié, quart) et des nombres ordinaux.

Les mesures caractéristiques peuvent être introduites assez tôt. L'algorithme pour calculer la moyenne arithmétique utilise l'addition et la division dans le sens de « partage égal », c'est un « total partagé » et le quotient résultant peut être perçu comme un rapport, par exemple, « 2,1 enfants/famille ». Le concept de dispersion exprimé par l'étendue fait clairement appel à une différence et à la notion de plus grand et plus petit. Ces concepts peuvent être exploités non seulement pour pratiquer l'addition et la division mais surtout pour donner un sens aux opérations arithmétiques.

Les tiges et feuilles peuvent être exploitées avec des élèves plus âgés. Alors les nombres seront plus grands et pourront conduire à arrondir les nombres comme dans cet exemple tiré de Dunkel (1991) où il était question de la longueur des fleuves en Suède où l'on a arrondi à la dizaine près.

mil = 10km

Tens	Ones	
2	7	(1)
3	57	(2)
4	1233556	(7)
5	27	(2)
6		(0)
7	2	(1)
		(13)

Longueur des rivières en Suède (Dunkels, 1991)

Proportionnalité

Plusieurs études (René de Cotret, 1991 ; Pézard, 1986) montrent que le raisonnement proportionnel et, particulièrement, les pourcentages ne sont pas bien maîtrisés. Les élèves de lycées et même les futurs enseignants peuvent encore éprouver de la difficulté avec les pourcentages (Buisson, 1981 ; Carayol, 1983). Le concept de proportionnalité est un concept de base en mathématiques qui englobe le pourcentage mais qui est aussi essentiel à la compréhension de la fonction linéaire. Il est aussi lié aux fractions, aux décimaux et à l'interprétation graphique (Pézard, 1986). Une des causes de difficulté est que la proportionnalité est souvent présentée comme la « règle de trois », de sorte qu'il n'y a pas vraiment un gain de connaissance mais plutôt un « entraînement à suivre les règles » (Pluvinage et Dupuis, 1981). Pluvinage et Dupuis (1981) ont présenté à des élèves de 13 ans des problèmes de proportionnalité en géographie, physique et mathématiques et ils ont trouvé que les résultats étaient indépendants de la discipline. Rouchier (1980) suggère que c'est à travers la résolution de problèmes qu'un élève peut arriver à maîtriser un concept et que l'enseignement ne devrait pas séparer les mathématiques de ses applications. Ce sont deux bonnes raisons de travailler la proportionnalité à l'intérieur des apprentissages en statistique qui offrent une occasion avantageuse de travailler ces concepts.

Plusieurs situations de la vie quotidienne, comme les objets et leur prix, la vitesse et le temps, peuvent donner lieu à une enquête statistique et peuvent mettre en jeu les fondements du concept de proportionnalité, en particulier, les structures multiplicatives.

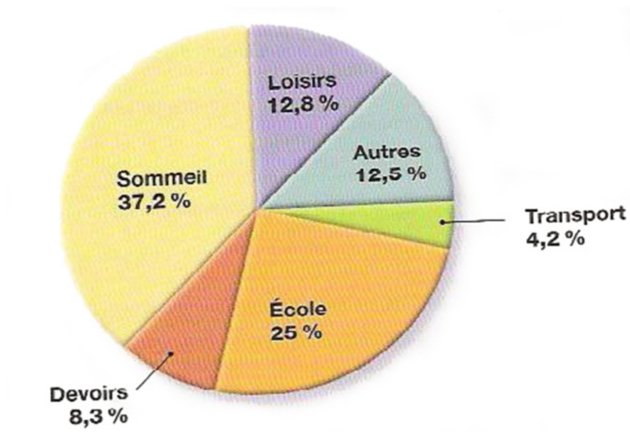
Par exemple, dans une activité proposée dans le Schools Council Project on Statistical Education (11-16), (1980), on suggère de travailler sur le «Temps de loisir»:

1- Que faites-vous dans vos temps de loisirs?

2- Combien de temps passez-vous à regarder la télévision?

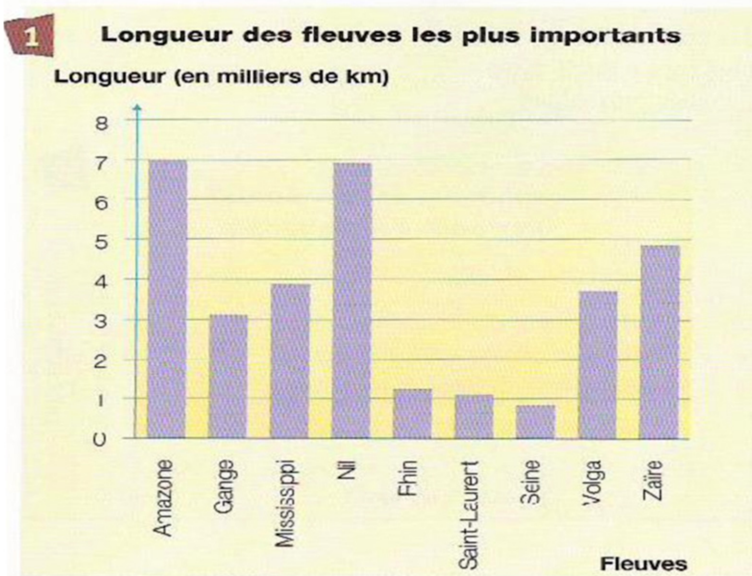
3- Comment les données que vous avez recueillies se comparent-elles aux données nationales? (*Ibid*., p. 93).

Les données associées à la première question pourraient être représentées par un diagramme circulaire. Ceci nécessiterait l'utilisation de proportions vues comme fractions: 7 parmi 22 élèves jouent au soccer (7/22). Ensuite, cette fraction doit être transformée en fraction de 360°, une opération qui requiert le raisonnement proportionnel. Construire des diagrammes circulaires donne l'occasion de travailler avec des fractions vues comme partie d'un tout utilisant la multiplication pour trouver la portion de 360° qui représentera une caractéristique particulière et de dessiner les secteurs circulaires correspondants. Cela est certainement une occasion de travailler le raisonnement proportionnel, les fractions équivalentes, les pourcentages correspondant ou vice-versa.



Emploi du temps d'un adolescent durant une semaine
(Coupal, 2005, p. 37)

Il est aussi possible de construire un diagramme à bâtons qui exigera de travailler avec des échelles. Ici encore, il y a raisonnement proportionnel, les fréquences étant proportionnelles à la longueur des bâtons. Ces opérations sont trop souvent considérées comme triviales même si elles constituent une étape essentielle dans le développement mathématique quand on le regarde du point de vue du raisonnement plutôt que de celui de la procédure opérationnelle. Construire des tableaux de fréquences fera également appel aux mêmes types de raisonnements.

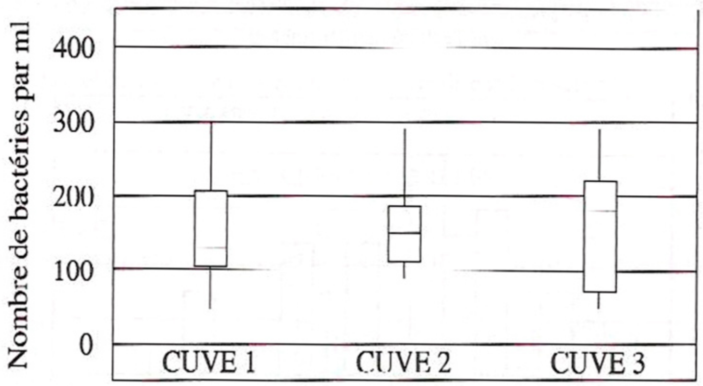


(Coupal, 2005, p. 38)

Si l'on poursuit avec la deuxième question présentée plus haut, le temps consacré à regarder la télévision, il est nécessaire de traiter une variable continue et d'introduire les intervalles (même s'il est toujours possible de traduire par une variable discrète pour les élèves plus jeunes). Là, on doit faire face aux « intervalles ouverts ou fermés » et le choix de leur largeur. Ceci mènera à la construction d'histogrammes qui demande aussi le raisonnement proportionnel, dans ce cas, pour une proportion d'aire, spécialement si les intervalles sont reportés avec des intervalles de largeurs différentes. L'aspect important à considérer ici est le lien proportionnel entre la fréquence exprimée par un nombre ou une fraction ou un pourcentage et l'aire qui est une mesure à deux dimensions. Ceci est une étape cruciale dans la construction du concept de fonction de distribution.

À ce point, il est possible d'introduire les mesures de tendance centrale et de dispersion pour les données groupées. Puisque les données brutes sont disponibles, les résultats obtenus avec celles-ci peuvent être comparés à ceux utilisant la valeur du point milieu de l'intervalle, et ceci peut mener à une discussion sur l'estimation.

Pour comparer leurs données avec celles de leur pays (question 3), les élèves devront transformer les fréquences en pourcentages. Dans une expérimentation utilisant le « recensement à l'école » (http://www19.statcan.ca/) dans une classe de première secondaire à Montréal, on a pu observer que pour comparer leurs données à celles trouvées sur le site pour tout le pays, les élèves se sont attaqués à des valeurs beaucoup plus complexes que celles que l'on trouve habituellement dans les manuels au chapitre des calculs de pourcentages. Cependant, ils ont très bien réussi et ils étaient certainement très motivés. Examiner la modification relative des pourcentages pour différents totaux peut donner l'occasion d'un regard plus approfondi sur ceux-ci. Par exemple, pour un groupe de 20, deux de plus est 10 % de plus, mais si la taille du groupe est deux mille, quelle différence dans la taille engendrera une variation de 10 % ? Et ainsi de suite.



(Raymondaud, 1997, p. 200)

Les diagrammes interquartiles (« boîtes à moustaches ») sont utiles pour les comparaisons et mettront en évidence le travail sur l'axe numérique, les concepts de moitié et de quart mais aussi de 25 %, 50 %, 75 % et de dispersion. C'est aussi le lieu pour mettre en évidence la distinction entre les différents rôles des nombres en statistique : donnée, fréquence, fréquence relative. Ceci est plus facile quand les nombres sont présentés dans un contexte réaliste. Tirer avantage des multiples formes de représentations pour analyser les données est important puisque les méthodes graphiques semblent stimuler la réflexion contrairement aux formules qui trop souvent conduisent à une certaine automatisation (Vännman, K., 1990).

Variabilité et fonctions

Les concepts mathématiques de variabilité et de fonctions sont largement employés en statistique. Par exemple, les graphes linéaires représentant la relation entre deux variables peuvent être utilisés pour observer des tendances et faire des prédictions, une autre façon d'interpréter les nombres et éventuellement de modéliser. Cela peut également constituer une introduction à l'étude de la variabilité et des fonctions.

Même les diagrammes de dispersion peuvent être présentés assez tôt (Mighton, 2005). En les construisant, les enfants se familiarisent non seulement avec les échelles, mais aussi avec les coordonnées et encore avec les relations entre les variables. À l'école secondaire, il est possible d'examiner à fond les relations linéaires. Dans une première étape, on peut tracer une droite estimant la relation entre les points et à partir de là, on peut chercher l'équation de cette droite à partir de diverses informations : deux points de la droite, ou l'ordonnée à l'origine et la pente, et ainsi de suite.

Dans une étape subséquente, les élèves peuvent chercher la droite (ou éventuellement, la courbe) qui traduira le mieux la relation entre les deux variables. Pour y arriver, ils doivent mettre en jeu le concept de distance entre un point et une droite ou entre deux points et manipuler les valeurs absolues et la fonction valeur absolue. Il sera alors nécessaire de jouer avec les sommes des distances ou encore de leurs carrés. L'étude des fonctions valeurs absolues et des fonctions quadratiques, en particulier lorsque l'on scrute les minima de ces fonctions, est nécessaire pour expliquer pourquoi on a préféré prendre la somme des carrés des distances entre les ordonnées des points et l'ordonnée correspondante sur la droite plutôt que la valeur absolue de cette distance pour trouver la droite qui rende le mieux la relation linéaire entre les variables en jeu.

D'autres exemples

Et nous n'avons pas encore parlé de la technologie. De l'école élémentaire jusqu'à l'école secondaire, l'étude de la statistique est une excellente occasion pour explorer les calculatrices (graphique ou pas), les ordinateurs et l'Internet. Le traitement d'un vaste ensemble de données, qui contribue à donner sens à la statistique, confère aussi une pertinence particulière à l'intégration d'outils technologiques en mathématiques. On décharge ainsi l'élève d'opérations répétitives, qui engagent peu sur le plan cognitif et seraient intraitables autrement dans un temps raisonnable. Non seulement, l'élève se familiarise avec l'utilisation de ces outils, essentiels au traitement de vastes ensembles de données, mais il pourra aussi développer un esprit critique face à leurs multiples productions. De plus, la technologie laisse l'espace pour le développement de l'imagination et de la créativité, le questionnement, l'analyse et l'interprétation. « Est-ce que ce graphique a du sens ? » (Huff, 1954) ou « la valeur du chi carré est… » « Qu'est-ce que ça veut dire ? » Si les élèves se demandent si leur choix d'animaux domestiques est le même que celui d'enfants habitant d'autres pays, ils pourront trouver les données nécessaires sur Internet, pour cette question et plusieurs autres puisque de nombreuses bases de données sont disponibles gratuitement pour les institutions scolaires.

Discussion

La mathématique est constituante de la statistique et ce champ fournit un contexte significatif pour l'apprentissage de nombreux concepts mathématiques. En étudiant ce champ, les élèves, en plus de s'initier à une nouvelle discipline qui occupe de plus en plus de place dans leur environnement quotidien, réinvestissent et approfondissent leur compréhension des concepts mathématiques. Ils font face à un point de vue différent où les réponses sont relatives, mais les arguments restent fondés sur des résultats quantitatifs.

> *La statistique ne devrait pas être enseignée à part, mais devrait être introduite à chaque fois que cela convient pour illustrer ou approfondir certains concepts standards (comme la mesure) et pour former les liens interdisciplinaires* (Burrill, 1990, p. 222). […] *la statistique peut être intégrée au cours de mathématique sans nécessairement « jeter par-dessus bord » des domaine important de la mathématique. Au contraire, la mathématique est renforcée par les discussions autour de sujets statistiques et l'utilisation de statistiques peut introduire du réel dans le cours de mathématique* (Vännman, 190, p. 120).

L'objectif de cette présentation était d'abord de contester la croyance qui veut que la statistique soit « facile » et qu'elle vole un temps trop précieux qu'il est nécessaire de consacrer au programme de la mathématique. L'étude de la statistique peut être totalement intégrée au programme de mathématiques en leur conférant un sens qui les relie au réel. La curiosité des élèves pour leur quotidien pourrait même maintenir l'intérêt pour la mathématique comme outil permettant de comprendre la réalité (Dunkell, 1990).

Finalement, les activités statistiques dans la classe peuvent être directement reliées aux intérêts personnels des élèves et ainsi, stimuler leur motivation pour les études numériques et quantitatives.

Références

-(1980). Schools Council Project on Statistical education (11-16), W. Foulsham et CO. Ltd, Berks, England.

Aksu, M. (1990). Problem areas related to statistics in training teachers of mathematics in Turkey. *In* Anne Hawkins (dir.) *Training Teachers to Teach Statistics Proceedings of the International Statistical Institute Round Table Conference, Budapest, Hungary*, 1988. Voorburg, Netherlands : International Statistical Institute. 127-137.

Buisson, P. (1981). *Pourcentages : appropriation – transfert*. IREM de Rouen.

Burrill, G. (1990). Quantitative literacy ; leadership training for master teachers. *In* Anne Hawkins (dir.) *Training Teachers to Teach Statistics Proceedings of the International Statistical Institute Round Table Conference, Budapest, Hungary*, 1988. Voorburg, Netherlands : International Statistical Institute. 219-227.

Carayol, F. (1983). *Comportements d'élèves et de futures maîtres de l'école élémentaire face à des questions de mathématiques*. Thèse de 3e cycle. IREM de Toulouse.

Cobb, P. (1999). Individual and collective mathematical learning : The case of statistical data analysis. *Mathematical Thinking and Learning*, *1*, 5-44.

Coupal, M. (2005) *À vos maths ! Mathématique, 1er cycle du secondaire*. Montréal : Les publications Grapficor inc.

Darrell, H. (1954) *How to lie with statistics.* New York : W. W. Norton.

Dunkels, A. (1990) Examples from the in-service classroom (age group 7-12). *In* Anne Hawkins (dir.). *Training Teachers to Teach Statistics Proceedings of the International Statistical Institute Round Table Conference, Budapest, Hungary*, 1988. Voorburg, Netherlands : International Statistical Institute. 102-109.

Dunkels, A. (1986). EDA in the primary classroom. Graphing and concept formation combined. *In* R. Davidson, et J. Swift (dir.), *Proceedings of the Second International Conference on Teaching Statistics*, Victoria, B. C. : University of Victoria. 61 -66.

Dunkels, A. (1991). Interplay of the number concept and statistics using attitudes and techniques of EDA. *In* D. Vere-Jones, S. Carlyle, et B. P. Dawkins (dir.), *Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics* vol. 1. Netherlands : International Statistical Institute. 129-139.

Garfield, Joan (2002) The Challenge of Developing Statistical Reasoning. *Journal of Statistics Education* Volume 10, Number 3, www.amstat.org/publications/jse/v10n3/garfield.html.

Gattuso, L., Pannone, M.-A (2001). Una sperimentazione di didattica della statistica e gli insegnanti che l'hanno condotta. *Induzioni*. (23) 185-204.

Gattuso, L., Pannone, M.-A (2002). Teacher's training in a statistic teaching experimentation. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Teaching Statistics*. Durban, South Africa : International Statistical Institute. 685-692.

Gattuso, L., Pannone, M.A. (2000). *Une expérimentation d'enseignement des statistiques et les enseignants qui l'ont vécue*. Sperimentazione di nuove strategie didattiche per l'apprendimento della statistica cofinanziata dal M.U.R.S.T. e dalle Università di Padova, Palermo, Perugia e Roma « La Sapienza » (1998-2000) : Giornate di Studio, ISTAT, Roma, 6-7 Dicembre 2000 16 p.

Hawkins, A., Jolloffe, F., Glickman, L. (1992). *Teaching statistical concepts. The effective teachers series*. Longman : London. p.246.

Konold, C. and Higgins, L.T. (2003). Reasoning about data. *In* J. Kilpatrick, W.G. Martin and D. Schiffer (dir.). *A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA : NCTM. 192-215.

Konold, C., Pollastsek, A. et Gagnon, A. (1996). *Students' analyzing data : Research of critical barriers*. Paper presented at the Roundtable in mathematics education. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer. 53-74.

McGatha, M., Cobb, P., et McClain, K. (1998, April). *An analysis of students' statistical understandings*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association. San Diego, CA.

Mighton, J. (2004). *JUMP at home – grade 3 : math worksheets for the elementary curriculum*. House of Anansi Press Inc. Toronto.

Mighton, J. (2005). *JUMP at home – grade 6 : math worksheets for the elementary curriculum*. House of Anansi Press Inc. Toronto.

Pézard, M. (1986). À propos de l'enseignement de la proportionnalité. *Les cahiers de didactique*. Num. 20. IREM de Paris7, Paris.

Pluvinage, F., Dupuis, C. (1981). La proportionnalité et son utilisation. Recherche en didactique des mathématiques, vol 2.2.

Raymondaud. H. (1997). *Quelques pièges de la description d'une série statistique. Enseigner les probabilités au lycée*. Commission inter-IREM STATISTIQUE ET PROBABILITÉS. IREM de Reims.

René de Cotret, S. (1991). *Étude de l'influence des variables indice de proportionnalité du thème et nombre de couples de données sur la reconnaissance, le traitement et la compréhension de problèmes de proportionnalité chez des élèves de 13-14 ans*. Thèse présentée à l'Université Joseph Fourier, Grenoble I.

Rouchier, A. (1980). Situations et processus didactiques dans l'étude des nombres rationnels positifs. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 2.2.

Russell, S., (1990). « Counting Noses and Scary Things : Children Construct Their Ideas About Data ». *In* David Vere-Jones (dir.), *Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics*. Dunedin, New Zealand. 158-164.

Russell, S., (1990a). Issues in training teachers to teach statistics in the elementary school : a world of uncertainty *In* Anne Hawkins (dir.) *Training Teachers to Teach Statistics Proceedings of the International Statistical Institute Round Table Conference, Budapest, Hungary*, 1988. Voorburg, Netherlands : International Statistical Institute. 59-71.

Vännman, K. (1990). Some aspects of statistical graphics for secondary school teachers. *In* Anne Hawkins (dir.) *Training Teachers to Teach Statistics Proceedings of the International Statistical Institute Round Table Conference, Budapest, Hungary, 1988*. Voorburg, Netherlands : International Statistical Institute. 110-125.

Remerciements

Thanks to Prof. Miriam Pannone for her helpful suggestions.

Pour joindre l'autrice

Linda Gattuso
Département de Mathématiques, UQAM
CP 8888, succursale Centre-ville
Montréal (Québec)
H3C 3P8 Canada
Gattuso.Linda@uqam.ca