

veau Programme de formation de l'école québécoise.

À l'issue du Sommet du Québec et de la jeunesse, ces coprésidents des chantiers et représentants des jeunes qu'ils ont consultés à la grandeur du Québec ont présenté des recommandations au gouvernement. Ce dernier investira un milliard de dollars pour en assurer le suivi, et presque toutes les recommandations ont une incidence sur l'éducation. Le milieu scolaire tout entier sera engagé au quotidien dans l'application des mesures de suivi. Souhaitons que les propos que nous venons de lire nous amènent à jeter un regard neuf sur nos élèves. Ils ne sont pas des récipiendaires plus ou moins actifs de notre enseignement. Ce sont des partenaires, non seulement dans la construction de leurs apprentissages et de leur projet de vie, mais aussi dans la construction de notre projet de société à tous.

*Je suis jeune il est vrai, mais aux âmes bien nées. La valeur n'attend pas le nombre des années.*

PIERRE CORNEILLE, *Le Cid*

Ces vers de Corneille pourraient certainement avoir été inspirés par Hélène, Marc, Marie-Claude et Maryse qui, malgré leur jeune âge et une vie pleinement remplie, construisent leur projet de vie tout en construisant un projet de société. Il importe de les remercier parce que, en plus de leur disponibilité, ils nous ont livré matière à réflexion sur le système scolaire actuel, tout en faisant une éclatante démonstration de la façon d'exercer notre citoyenneté.

**Francine Payette, directrice adjointe au collège Durocher à Saint-Lambert, travaille actuellement à la Direction de la formation générale des jeunes au ministère de l'Éducation du Québec.**

## QUE SAVONS-NOUS DE LA RECHERCHE SUR LE CERVEAU ?

par Pat Wolfe et Ron Brandt<sup>1</sup>

**L'**explosion récente de la recherche neuroscientifique ouvre des avenues prometteuses vers une meilleure compréhension de l'enseignement et de l'apprentissage. Mais il revient au personnel enseignant d'interpréter judicieusement en quoi la recherche sur le cerveau peut influencer leurs pratiques en classe. (Pat Wolfe et Ron Brandt).

En juillet 1989, à la suite d'une résolution du Congrès, le président des États-Unis George Bush a officiellement proclamé les années 1990 la décennie du cerveau. De fait, nous avons assisté au cours des neuf dernières années à une explosion des connaissances sur le fonctionnement du cerveau humain. Des milliers de travaux de recherche, d'ouvrages, d'articles de revues et d'émissions télévisées nous régalaient de nouvelles données, d'images par TEP hautes en couleur et, parfois, de moyens simplistes d'améliorer notre mémoire, de prévenir la maladie d'Alzheimer ou de transformer nos bébés en petits génies.

Les connaissances sur le fonctionnement du cerveau sont en pleine révolution, et bon nombre de nouvelles découvertes ont modifié les pratiques médicales. Nous en savons beaucoup plus maintenant sur les maladies mentales et les médicaments qui aident à les soigner qu'avant. De même, le traitement des tumeurs, des attaques et d'autres troubles du cerveau est beaucoup plus efficace qu'auparavant.

Mais qu'en est-il des applications de ces découvertes en éducation? En savons-nous suffisamment pour faire entrer les nouveaux progrès des neurosciences à l'école? Se pourrait-il que la décennie du cerveau ouvre la porte à la décennie de l'éducation?

### DE LA RECHERCHE SUR LE CERVEAU À LA PRATIQUE PÉDAGOGIQUE

Les sciences du cerveau forment un nouveau domaine en rapide expansion: nous en avons appris plus sur

le sujet en cinq ans qu'au cours des 100 dernières années; près de 90 p. 100 de tous les neuroscientifiques de l'histoire sont aujourd'hui vivants, et la majorité des grandes universités ont maintenant une équipe multidisciplinaire de recherche sur le cerveau.

Toutefois, presque tous les scientifiques hésitent à proposer des conseils aux écoles désireuses d'utiliser leurs résultats de recherche en classe. Joseph LeDoux de l'Université de New York, auteur de l'ouvrage *The Emotional Brain* (1996), affirme d'ailleurs ceci: «*Il n'y a pas de solution miracle. On pourrait sans doute proposer ces nouvelles idées au grand public, mais il est trop facile de leur faire dire plus que ce qu'elles signifient sur le strict plan scientifique.*» Pour sa part, Susan Fitzpatrick, neuroscientifique à la McDonnell Foundation, estime que les chercheurs ne peuvent guère, à ce moment-ci, en dire beaucoup au personnel enseignant: «*Il y a fort à parier que ce que l'on pourrait dire aujourd'hui ne sera plus vrai dans deux ans, parce que la compréhension est actuellement très rudimentaire et que les gens interprètent les faits de façon beaucoup trop simplifiée* (1995, p. 24).»

Les chercheurs invitent particulièrement les écoles à résister à la tentation d'adopter des mesures sur la foi d'une seule étude ou d'utiliser les neurosciences comme un moyen de mousser leur programme favori. Il reste beaucoup à faire avant que nous puissions transposer les résultats des travaux scientifiques en contexte pédagogique. En fait, cette réticence des scientifiques à bénir un mariage rapide entre les neurosciences et l'éducation n'a rien de surprenant. La recherche sur le cerveau ne nous dit pas – et ne nous dira peut-être jamais – ce qu'il faut faire exactement en classe. Elle ne «prouve» pas que telle stratégie améliore la compréhension des élèves. D'ailleurs, ce n'est pas, à

l'heure actuelle, le but des chercheurs: les neurosciences constituent un domaine séparé de celui de l'enseignement, et il serait irréaliste d'établir un lien direct de la recherche sur le cerveau à la pédagogie. Alors, comment nous servir des découvertes récentes?

C'est avec un esprit critique que nous devons lire et analyser les résultats de recherches, de façon à séparer le bon grain de l'ivraie. Si les enseignants ne développent pas une compréhension fonctionnelle du cerveau et de ses mécanismes, nous serons vulnérables aux modes pseudo-scientifiques, aux généralisations indues et aux programmes douteux. Ensuite, forts de nos connaissances en matière de pratique pédagogique, nous devons déterminer si les recherches sur le cerveau peuvent façonner cette pratique et, si oui, dans quelle mesure. Les enseignants possèdent un vaste bagage de connaissances sur l'apprentissage. Ce savoir s'est accumulé au fil d'une longue expérience et de recherches en éducation et en sciences cognitives. Grâce à cette base de connaissances, les enseignants sont les mieux placés pour savoir en quoi la recherche complète, explique ou encore appuie – ou non – la pratique pédagogique actuelle.

Bien que la prudence soit de mise devant bon nombre de découvertes neuroscientifiques, quelques-unes d'entre elles sont bien établies. Certaines prouvent la justesse de ce qu'ont toujours fait les bons enseignants. D'autres nous amènent à examiner de plus près la pratique pédagogique.

### PREMIÈRE DÉCOUVERTE

**L'expérience modifie la physiologie du cerveau. L'environnement dans lequel évolue une personne détermine en grande partie les capacités fonctionnelles de son cerveau.**

Les chercheurs s'entendent pour dire qu'à la naissance le cerveau humain n'est pas encore pleinement



Photo : Denis Garon

fonctionnel. Le cerveau qui prendra forme finalement sera le résultat de l'interaction entre le bagage génétique de la personne et l'ensemble de ses expériences. Dans *Inside the brain* (1996), Ronald Kotulak emploie la métaphore d'un banquet pour expliquer la relation entre les gènes et le milieu: «*Le cerveau avale gloutonnement l'environnement extérieur au moyen de son système sensoriel, puis il reconstruit tout ce qu'il a digéré sous forme de milliers de connexions qui meurent ou se développent constamment, devenant plus faibles ou plus fortes selon la richesse du banquet* (p. 4).»

Le milieu influe sur le travail des gènes, et les gènes déterminent la façon dont le milieu est interprété. Il s'agit là d'une donnée relative-ment nouvelle. En effet, les scientifiques croyaient encore, il n'y a pas si longtemps, que le cerveau était immuable, fixé à la naissance.

Ils savaient depuis quelques temps que, sauf certaines exceptions, **le cerveau a déjà, à la naissance, toutes les cellules nerveuses, appelées neurones, qu'il comptera jamais.** Contrairement aux tissus de la majorité des autres organes, les neurones ne se régèrent pas, si bien qu'on avait conclu que le cerveau du nouveau-né était celui qu'il aurait toute la vie durant.

Cependant, les travaux innovateurs de Marian Diamond et de ses collègues de l'Université de Californie à Berkeley ont montré, au milieu des années 60, que les structures du cerveau étaient modifiées par l'environnement (Diamond et Hopson, 1998). Cette recherche a établi le concept de plasticité neurale, c'est-à-dire «*l'incroyable propriété du système nerveux d'être constamment modifié dans sa structure ou sa fonction à la suite de l'expérience. Une autre découverte*

*qui ne manquera pas de nous plaire est que les dendrites, soit les connexions entre les cellules du cerveau, peuvent se développer à tout âge. C'est le cas aussi bien chez les êtres humains que chez les animaux. Contrairement à la croyance populaire, une personne âgée n'est donc pas nécessairement victime d'une perte progressive de cellules nerveuses et d'une diminution de ses capacités mémorielles et cognitives.*

Ainsi, l'environnement, y compris celui d'une salle de classe, n'est pas un lieu neutre. Nous, les enseignants, nous contribuons soit à la croissance des dendrites, soit à leur dépérissement – d'où l'importance de savoir ce qui constitue un milieu enrichi. Voici quelques faits sur les tendances naturelles du cerveau qui nous éclaireront à ce sujet.

- Le cerveau n'a pas évolué pour devenir ce qu'il est présentement en assimilant des données sans signification: un milieu enrichi fournit aux élèves l'occasion de donner un sens à ce qu'ils

apprennent, ce que certains appellent la possibilité de «faire sens».

- Le cerveau se développe d'une manière globale: **les bébés ne commencent pas à parler à une semaine, puis à attacher leurs lacets la semaine suivante pour ensuite travailler sur leurs émotions.** Un milieu enrichi tient compte simultanément de multiples aspects du développement.
- Le cerveau est par essence curieux, et il doit l'être pour survivre. Il cherche sans cesse à établir des liens entre le connu et l'inconnu. L'apprentissage étant un processus de construction active par l'élève, un milieu enrichi lui permet de faire des liens entre ce qu'il apprend et ce qu'il sait déjà. Comme le dit le célèbre éducateur Phil Schlechty: «*C'est aux élèves que revient le travail de l'apprentissage.*»
- Le cerveau est naturellement sociable et enclin à la collaboration. Si le travail d'intégration des

#### **Pour un milieu enrichi**

Marian Diamond et son équipe de chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley (1998, p. 107 et 108), ont étudié les effets de milieux appauvris ou enrichis sur le cerveau du rat. Diamond affirme qu'un milieu enrichi influe indubitablement sur la croissance du cerveau et l'apprentissage. Selon elle, un milieu enrichi pour les enfants:

- inclut une source régulière de soutien émotif positif;
- fournit un régime alimentaire contenant suffisamment de protéines, de vitamines, de minéraux et de calories;
- stimule tous les sens (mais pas nécessairement en même temps!);
- procure une atmosphère exempte de tension et de stress indus, mais où règne un certain degré d'intensité agréable;
- présente une série de défis nouveaux qui ne sont ni trop faciles ni trop difficiles pour l'enfant, selon le stade de son développement;
- permet des interactions sociales dans un pourcentage important d'activités;
- encourage le développement d'une vaste gamme d'habiletés et de centres d'intérêts d'ordres mental, physique, esthétique, social et émotif;
- donne à l'enfant la possibilité de choisir bon nombre de ses exercices et de les modifier;
- procure une atmosphère agréable orientée vers l'exploration et le plaisir d'apprendre;
- permet à l'enfant d'être un participant actif plutôt qu'un observateur passif.

Source: Diamond, M. et Hopson, J. (1998). *Magic trees of the mind: How to Nurture your Child's Intelligence, Creativity, and healthy Emotions from Birth Through Adolescence* (p. 197-108), New York, Dutton.

connaissances se produit individuellement dans le cerveau de chaque élève, l'apprentissage est en revanche rehaussé lorsque le contexte permet à l'élève de s'exprimer à voix haute, de tester ses idées avec ses compagnons de classe et de produire des travaux en commun.

## DEUXIÈME DÉCOUVERTE

### *Le quotient intellectuel n'est pas fixé à la naissance*

Cette deuxième découverte est étroitement liée à la première. Craig Ramey, psychologue à l'Université d'Alabama, s'est attaqué à l'énorme tâche de montrer que ce que Diamond a observé avec les rats, il pouvait le faire avec des enfants. Ses travaux impressionnants (Ramey et Ramey, 1996) prouvent qu'un programme d'intervention destiné aux enfants de milieux défavorisés peut protéger ces jeunes contre un retard mental et un faible QI.

Ramey a dirigé des études sur l'intervention éducative précoce auprès de milliers d'enfants dans des dizaines de centres de recherche. Les meilleurs programmes, qui débutaient avec de très jeunes bébés — certains avaient six semaines seulement et la plupart, moins de quatre mois —, ont montré qu'il était possible d'accroître de 15 à 30 p. 100 les résultats des nourrissons aux tests d'intelligence. Il est important de noter que, malgré l'utilité indubitable des tests de QI, l'intelligence comporte probablement beaucoup plus d'aspects que ce qu'ils peuvent mesurer. Chaque cerveau est unique, et l'éventail subtil de variations sur les plans organisationnel, physiologique et chimique fournit un spectre remarquablement étendu de capacités cognitives, comportementales et émotionnelles.

## TROISIÈME DÉCOUVERTE

### *Certaines capacités s'acquièrent plus facilement au cours d'une certaine période dite sensible*

À la naissance, le cortex cérébral de l'être humain possède tous les neurones qu'il aura jamais. En fait, dans l'utérus, le cerveau produit un excès de neurones, près de deux

fois plus que ce dont il aura besoin. Autour de la vingt-huitième semaine de développement prénatal, s'enclenche une vaste opération d'élagage qui se terminera par la perte d'un tiers à la moitié du stock neuronal. (Nous perdons par conséquent jusqu'à la moitié de nos neurones avant même de naître). Tandis que le cerveau se débarrasse de ce surplus de cellules nerveuses, une augmentation fantastique du nombre de dendrites accroît considérablement la surface disponible pour les synapses, qui sont les connexions fonctionnelles entre les cellules. Au rythme le plus rapide, ces connexions s'établissent à la vitesse prodigieuse de trois milliards par seconde. De la naissance jusqu'à l'âge de 10 ans, le nombre de connexions synaptiques continue d'augmenter rapidement, puis il commence à décroître et diminue lentement dès l'entrée dans l'âge adulte.

Nous devons beaucoup de ces nouveaux éclairages sur le développement du cerveau à Harry Chugani et à Michael Phelps, de l'École de médecine de l'Université de Californie à Los Angeles. Phelps est le co-inventeur de la technique d'imagerie appelée tomographie par émission de positions (TEP), qui illustre visuellement l'utilisation d'énergie par le cerveau. Les images par TEP ont permis à Chugani d'évaluer l'utilisation moyenne d'énergie par le cerveau à différents âges. Ses découvertes nous laissent croire que les années d'apprentissage les plus intenses chez l'enfant coïncident précisément avec celles où toutes les synapses se développent (1996). Selon Chugani, non seulement le cerveau du jeune se surdéveloppe au cours des premières années, mais il a de plus une capacité remarquable à s'adapter et à se réorganiser. Il semble qu'il puisse acquérir différentes compétences plus facilement que dans les années qui suivent la puberté. Ces fenêtres d'apprentissage, longtemps dites périodes critiques, sont le plus souvent appelées périodes sensibles.

Un excellent exemple de ces stades privilégiés d'apprentissage est celui de la vision. Advenant un manque



Photo : Denis Garon

de stimulation visuelle à la naissance, comme cela se produit dans le cas de la cécité ou des cataractes, les neurones qui s'occupent d'interpréter la vision s'atrophient ou sont détournés vers d'autres tâches. Si l'enfant ne recouvre pas la vue avant 3 ans, il sera aveugle à tout jamais. Dans le même ordre d'idées, la période sensible pour l'apprentissage de la langue parlée est totalement perdue vers dix ans. Si un enfant naît sourd, les 50 000 circuits nerveux qui normalement activeraient les cellules auditives demeurent silencieux, et le son de la voix humaine, essentiel à l'apprentissage de la langue, ne se rend pas. Finalement, tandis que l'enfant grandit, les cellules s'atrophient, et la capacité d'apprendre à parler se perd.

Les fenêtres ne se ferment pas toutes d'une façon aussi étanche que celles de la vision et de la parole. Ainsi, bien que l'apprentis-

sage d'une langue seconde dépende aussi de la stimulation de neurones destinés aux sons de cette langue, un adulte est certainement capable d'apprendre une nouvelle langue et de bien la parler. Cependant, il est beaucoup plus difficile de maîtriser une langue étrangère après 10 ans et de la parler sans accent. En somme, la fenêtre de l'apprentissage d'une langue seconde ne se ferme pas complètement, mais elle devient plus difficile à ouvrir.

Les implications de ces découvertes concernant le développement en bas âge des fonctions visuelles, auditives, motrices, cognitives et émotionnelles est énorme. D'ailleurs, on a commencé, en bien des endroits, à enrichir le milieu prénatal et celui de la petite enfance. Prenons l'exemple de la recherche sur les prématurés. Ceux qui sont touchés régulièrement dans leur incubateur prennent du poids deux fois plus vite que



Photo : Denis Garon

ceux qui ne le sont pas. Les bébés prématurés qui reçoivent régulièrement la visite de leurs parents font entendre leur voix deux fois plus souvent, dans la troisième semaine, que les bébés qui les voient peu ou pas du tout.

Ces conclusions sur le développement des tout-petits contrastent fortement avec la situation actuelle dans la société américaine.

- Environ 12 p. 100 des enfants nés aux États-Unis voient leurs capacités cognitives considérablement réduites par suite d'une naissance prématurée. La consommation par la mère de tabac, d'alcool ou de drogue; la malnutrition chez la mère et l'enfant; le saturnisme (intoxication par le plomb) et les mauvais traitements infligés aux enfants, voilà un bon nombre de facteurs qui pourraient être éliminés par des programmes d'éducation des parents ou des futurs parents. Précisions que 25 p. 100 des femmes enceintes ne reçoivent aucun suivi de grossesse.
- Les premières années de la vie d'un enfant, les plus décisives pour l'apprentissage, sont celles qui bénéficient le moins des programmes fédéraux, d'états ou locaux. Nous dépensons au moins sept fois plus pour les personnes âgées que

pour les enfants de 5 ans et moins.

- Près de la moitié des enfants aux États-Unis sont placés en garderie à temps plein avant d'avoir un an. Or, non seulement de nombreuses garderies sont sous-financées, mais de plus elles emploient des personnes non formées et mal payées, en nombre insuffisant pour assurer un rapport adulte-enfants satisfaisant. (Dans 38 états, les fournisseurs de services de garde ne sont pas tenus de suivre quelque formation que ce soit avant de travailler avec des enfants.)
- Selon le système actuel, ce n'est généralement que quand l'enfant accuse un sérieux retard à l'école qu'il est dirigé vers un programme particulier. Une intervention intense en bas âge permettrait pourtant de renverser ou de prévenir certains effets indésirables. Il est permis de penser que les milliards de dollars consacrés aux services d'éducation spécialisée seraient mieux dépensés dans des interventions précoces.

#### QUATRIÈME DÉCOUVERTE

##### Les émotions influent fortement sur l'apprentissage

Il est beaucoup question depuis quelques années du rôle des émotions dans l'apprentissage. Les ouvrages respectifs de Daniel Goleman, *L'intelligence émotionnelle* (1995), et de Joseph LeDoux, *The Emotional Brain* (1996), ont permis de mieux comprendre la fonction émotive.

L'émotion joue un double rôle dans l'apprentissage chez l'être humain. Premièrement, elle est positive dans la mesure où plus elle est fortement liée à une expérience, plus le souvenir de cette expérience sera bien enraciné. En effet, les substances chimiques du cerveau lui envoient le message suivant : « Cette information est importante. Retiens-la. » Ainsi, lorsque nous ajoutons de l'émotion à une expérience d'apprentissage pour la rendre plus signifiante et excitante, le cerveau juge l'information plus importante et la retient mieux.

Par contre, Joseph LeDoux a mis en lumière le fait que, si une émotion

est trop forte (par exemple, si l'élève perçoit la situation comme menaçante), l'apprentissage se fait moins bien. Qu'il s'agisse d'une rétrogradation ou d'une diminution de l'efficacité du cortex cérébral responsable de la pensée rationnelle, il n'en demeure pas moins que ce concept n'est pas sans avoir des conséquences sur l'enseignement et l'apprentissage.

#### DE NOUVELLES DÉCOUVERTES À L'HORIZON

De nombreuses autres recherches devraient livrer sous peu des résultats intéressants en ce qui concerne les phénomènes d'apprentissage à l'échelle du cerveau, de la naissance jusqu'à la vieillesse. Les domaines de recherche suivants sont à surveiller :

- le rôle de la nutrition sur le fonctionnement du cerveau;
- l'influence des substances chimiques cérébrales sur l'humeur, la personnalité et le comportement;
- le lien entre esprit-cerveau et corps.

Au lieu d'attendre passivement les résultats de recherches qui pourraient leur rendre service, pourquoi le personnel enseignant ne contribuerait-il pas à orienter les efforts visant à mieux comprendre comment le cerveau apprend? James McGaugh, de l'Université de Californie à Irvine, nous invite à prendre des initiatives en disant aux scientifiques : « Voici ce que nous aimerions savoir. Comment pouvez-vous nous être utiles? »

La décennie du cerveau nous conduira-t-elle vers une instructive décennie de l'éducation? Finalement, oui. En plus des études sur les aspects cognitifs et des connaissances de base que nous possédons déjà, les découvertes des neurosciences peuvent nous éclairer grandement sur la façon dont les enfants apprennent. Elles peuvent nous aider à enrichir l'expérience scolaire de tous les enfants : les doués, les créatifs, les enfants en difficulté, les dyslexiques, les élèves typiques et enfin tous ceux dont les capacités ne sont pas appréciées par les tests de QI ou d'autres mesures traditionnelles. Par ailleurs, il est possible d'aider les

parents et les fournisseurs de services de garde à comprendre les effets de la malnutrition maternelle et de la consommation de drogue et d'alcool pendant la grossesse ainsi que l'importance d'un milieu enrichi et des interactions en bas âge. Enfin, la recherche sur le cerveau offre également de précieux renseignements pouvant guider les responsables des politiques et les administrateurs du monde scolaire qui doivent établir des priorités.

Ce que nous apprenons sur le cerveau est-il important? Sans aucun doute, parce que nos enfants sont importants.

#### Références bibliographiques

- CHUGANI, H.T. *Functional maturation of the brain*, document présenté au Third Annual Brain Symposium à Berkeley en Californie, en 1996.
- DIAMOND, M. et J. HOPSON. *Magic trees of the mind: How to nurture your child's intelligence, creativity, and healthy emotions from birth through adolescence*, New York, Penguin Putnam, 1998.
- FITZPATRICK, S. « Smart brains: Neuroscientists explain the mystery of what makes us human », *American School Board Journal*, novembre 1995.
- GOLEMAN, D. *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ*, New York, Bantam, 1995.
- KOTULAK, R. *Inside the brain: Revolutionary discoveries of how the mind works*, Kansas City, Missouri, Andrews et McMeely, 1996.
- LEDOUX, J. *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*, New York, Simon et Schuster, 1996.
- NEWMAN, L., et S.L. BUKA. *Every child a learner: Reducing risks of learning impairment during pregnancy and infancy*, Denver, Colorado, Education Commission of the States, 1997.
- RAMEY, C.T. et S.L. RAMEY. *At risk does not mean doomed*, National Health/Education Consortium Occasional Paper n° 4, document présenté au congrès de l'American Association of Science en février 1996. Cet article a été publié dans la revue *Educational Leadership*, volume 56, n° 3, novembre 1998, p. 8 à 13. Les auteurs nous ont gracieusement accordé l'autorisation de le traduire et de le publier dans notre revue. Tous droits réservés ©1998 Par Wolfe et Ron Brandt.

1. **Pat Wolfe** est consultante indépendante en éducation. Son adresse est la suivante : 555 Randolph St., Napa, Californie 94559 (courriel : wolfe@napanet.net). **Ron Brandt** est rédacteur émérite de la revue *Educational Leadership* et consultant indépendant en éducation. Il est possible de le joindre au 1104 Woodcliff Dr. Alexandria, Virginie 22308-1058 (courriel : roonbrandt@erols.com)