



B I S E

BULLETIN D'INFORMATION EN santé environnementale

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC
VOLUME 18 NUMÉROS 3 - 4 MAI - AOÛT 2007

LA SANTÉ DES ENFANTS ET L'ENVIRONNEMENT

NUMÉRO THÉMATIQUE



DANS CE NUMÉRO

- p. 2 MISE EN CONTEXTE, *Claire Laliberté et Jean-Marc Leclerc*
- p. 3 Protection contre l'Allergie : étude du milieu Rural et de son Environnement (PATURE), *Jean-Jacques Laplante et Jean-Charles Dalphin*
- p. 11 « Les chemins de la santé » : une collection d'outils au service de l'éducation pour la santé, *Bruno Housseau*
- p. 17 Les enfants et leur exposition aux contaminants retrouvés dans certains produits de consommation : historique des mesures de prévention, *Natacha Etienne et Valentino Tramonti*
- p. 25 Les effets du stress maternel prénatal sur le développement cognitif des enfants : projet verglas, *Suzanne King, Yannick Marsolais et David D. Laplante*
- p. 31 Intoxications par produits domestiques et médicaments chez l'enfant, *Lyse Lefebvre*
- p. 36 La méthodologie d'évaluation du risque toxicologique et la santé des enfants, *Denis Belleville, Stéphane Buteau et Mathieu Valcke*
- p. 43 Caractéristiques des interventions québécoises en protection solaire destinées aux jeunes, *Marie-Christine Gervais et Marc Rhains*
- p. 50 Le bruit en contexte éducatif entrave-t-il le développement de l'enfant? *Michel Picard, Audrey Baron-Riopel et Alexandra Cloutier*
- p. 57 Nitrates, eau potable et santé de l'enfant, *Denise Phaneuf*
- p. 62 Exposition au manganèse dans l'eau potable et comportements hyperactifs chez des enfants d'âge scolaire, *Maryse Bouchard*





MISE EN CONTEXTE

Si on les compare aux adultes, les enfants réagissent différemment aux influences de leur environnement ce qui nécessite des mesures de prévention et de protection particulières. De nombreuses études de santé environnementale portant sur l'enfance ont été publiées depuis une trentaine d'années. Toutefois, la reconnaissance des enjeux sanitaires propres à cette période de la vie par les gouvernements est beaucoup plus récente (Déclaration de Miami, 1997).

Les préoccupations et les priorités d'action concernant la santé des enfants varient toutefois grandement d'un pays à l'autre puisque la qualité des environnements, de même que les contextes politique, économique et sanitaire sont fortement diversifiés. À l'échelle planétaire, l'accès à de l'eau potable de qualité et en quantité suffisante demeure une problématique de santé publique majeure, comme en témoignent les 1,6 million d'enfants âgés de moins de 5 ans victimes de maladies entériques chaque année, particulièrement dans les pays de l'hémisphère sud. L'exposition à une mauvaise qualité de l'air intérieur et extérieur entraînent également des problèmes de santé non négligeables. Enfin, l'exposition à des agresseurs chimiques ainsi qu'à des agents physiques et biologiques sont autant de situations susceptibles d'affecter le devenir des enfants. Comparativement à l'Europe où il existe des plans d'action s'adressant spécifiquement aux enfants, les initiatives concernant la protection et la prévention de cette population, même si elles sont nombreuses, sont au Québec moins intégrées.

Dans le cadre de ce numéro thématique, nous avons regroupé un certain nombre de problématiques qui concernent les enfants afin d'établir un survol de quelques réalisations dans le domaine de la recherche et de l'intervention de santé publique. Le lecteur y trouvera une description de travaux récents réalisés en France et au Québec qui témoignent des préoccupations actuelles, mais aussi du chemin parcouru au cours des dernières années dans la prévention et la protection de la santé des enfants. Plusieurs milieux de vie sont abordés dont le domicile familial (substances chimiques), la garderie (bruit), l'école (éducation à la santé), le milieu agricole (asthme) ou la vie au grand air (ultraviolets). L'exposition à la contamination chimique par l'eau potable est également abordée (nitrates, manganèse). L'impact de la crise du verglas sur le développement des enfants fait aussi l'objet d'un article. Enfin, les considérations méthodologiques spécifiques à l'évaluation du risque toxicologique à ce stade de la vie complètent ce bulletin.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les auteurs de ce numéro thématique pour leur collaboration enthousiaste!

Bonne lecture !

Claire Laliberté et Jean-Marc Leclerc



PROTECTION CONTRE L'ALLERGIE : ÉTUDE DU MILIEU RURAL ET DE SON ENVIRONNEMENT (PATURE)

JEAN-JACQUES LAPLANTE⁽¹⁾ ET JEAN-CHARLES DALPHIN⁽²⁾

Introduction

Cette étude est menée en partenariat entre la Mutualité Sociale Agricole (MSA), la sécurité sociale du monde agricole et le Centre hospitalier universitaire (CHU) de Besançon. La MSA en France ce sont 4 millions de personnes, soit 7 % de la population couverte, le 2^e régime de protection sociale et 25,4 milliards d'Euros de prestations versées en 2006. L'étude s'intègre au programme de recherche européen PASTURE, dirigé par le Professeur Erika Von Mutius de Munich, destiné principalement à identifier les substances du milieu agricole qui confèrent une protection vis-à-vis de l'allergie atopique, puis, le cas échéant, à mettre en place des stratégies de prévention primaire de l'asthme et des maladies allergiques (projet FORALLVENT, «FORum on ALLergy preVENTion»).

Il s'agit d'une enquête de cohorte de nouveau-nés en milieu rural, qui seront suivis de la naissance à l'âge de 6-7 ans. Les inclusions ont

débuté en 2002 en Allemagne, Autriche, Suisse et Finlande et à la mi-2003 en France (Franche-Comté). La période d'inclusion s'est achevée au printemps 2005 et cette cohorte d'environ 1 000 enfants va être suivie jusqu'à l'âge de 6 ou 7 ans, au moment où les maladies allergiques de l'enfance, notamment l'asthme, sont apparues. Entre l'évaluation clinique et biologique de l'allergie qui a eu lieu à la visite d'un an, et celle complète qui aura lieu à l'âge de 6-7 ans, une mesure de la sensibilisation atopique aux allergènes respiratoires et alimentaires courants est planifiée à l'âge de 4 ans.

Principaux facteurs protecteurs de l'allergie atopique et justification de l'étude PATURE

Au cours des 50 dernières années, de nombreuses études ont permis d'objectiver l'augmentation considérable des maladies allergiques dans tous les pays industrialisés¹⁻³. Cette explosion du risque allergique touche en particulier l'asthme, qui est la plus grave des maladies allergiques. Sa fréquence s'établit jusqu'à 10 % chez l'adulte et jusqu'à 35 % chez l'enfant⁴. L'incidence de l'asthme est plus élevée chez l'enfant que chez



(Photo - Pierre Simon)

l'adulte; l'asthme grave touche 1 % des enfants et 3 % de la population générale. L'augmentation de fréquence de ces pathologies est associée à l'augmentation du niveau de vie, l'urbanisation, la réduction de la taille des familles et de façon générale à l'augmentation du niveau d'hygiène et à la diminution des maladies infectieuses dans l'enfance. Les réflexions sur les causes précises de ce phénomène ont été alimentées récemment par la mise en évidence, dans les pays industrialisés, de milieux «protégés», à plus faible risque d'allergie. L'observation de ces environnements protecteurs, qui ont notamment permis de soulever l'hypothèse de l'hygiène il y a maintenant une quinzaine d'années, sont à la base de la mise en place de plusieurs études de cohortes, dont la cohorte PASTURE.

L'hypothèse de l'hygiène

Cette hypothèse proposée en 1989⁵ comme une explication plausible de l'augmentation de la prévalence des allergies dans les pays développés repose sur l'assertion qu'un environnement plus propre, lié à la modernisation, diminue l'exposition du système immunitaire aux

⁽¹⁾ Directeur santé, Mutualité Sociale Agricole de Franche-Comté, 13, avenue Elisée Cusénier, 25090 Besançon Cédex 9, France. Téléphone: 03.81.65.60.60; télécopieur: 03.81.65.60.09. Courriel: laplante.jean-jacques@franchecomte.msa.fr.

⁽²⁾ Professeur de pneumologie, CHU Jean Minjot, Besançon, France. jean-charles.dalphin@ufcchu.univ-fcomte.fr.



agents infectieux, ce qui entraînerait progressivement une perte de tolérance aux allergènes et ainsi une augmentation de l'incidence des allergies. Cette hypothèse est cohérente avec l'augmentation de prévalence des allergies associées au mode de vie occidental ; avec la relation inverse entre taille de la fratrie et risque d'allergie ; avec le risque plus bas de sensibilisation chez les enfants ayant eu des animaux domestiques dans l'enfance ; et enfin avec la diminution du risque d'allergie observée chez les enfants nés dans une ferme de production laitière. Selon cette hypothèse, notre mode de vie serait désormais incapable de fournir à notre système immunitaire un stimulus propre à l'orienter vers la défense vis-à-vis des agents anti-infectieux, plutôt que vers les allergies. Plusieurs études ont mis en évidence une relation négative entre les infections précoces des voies respiratoires et le risque ultérieur d'asthme et d'atopie. Le risque réduit de maladies allergiques observé chez les enfants qui ont séjourné en crèche où le risque d'infections respiratoires est élevé va dans ce sens. Cependant, toutes les études ne supportent pas cette hypothèse de l'hygiène. Les infections des voies respiratoires ont été identifiées comme des facteurs de risque d'asthme et de sifflements⁶. C'est ainsi que plusieurs équipes se sont intéressées aux sources d'exposition microbienne et en particulier celles constituées par la flore intestinale commensale⁷.

Une étude prospective conduite chez des nouveau-nés suédois et estoniens a mis en évidence une association négative entre la colonisation du tube digestif par certaines bactéries et l'allergie : plus d'entérocoques et de bifidobactéries conduisent à observer moins d'allergie. Ces observations, ainsi que d'autres, conduisent à l'idée que les probiotiques pourraient être utilisés pour prévenir l'allergie. Des premières expérimentations animales ont donné des résultats prometteurs en utilisant des lactobacilles recombinants. Plus récemment, un groupe finlandais publia une étude interventionnelle utilisant «*Lactobacillus rhamnosus*» chez des femmes enceintes et leur nouveau-né, qui montra une réduction de l'incidence de la dermatite atopique à l'âge de 4 ans chez les enfants traités par rapport aux enfants ayant reçu le placebo. Toutes ces découvertes supportent la notion que l'effet protecteur d'une diminution du niveau d'hygiène pourrait non seulement intervenir à travers des manifestations cliniques d'infection, mais également à la suite d'une exposition à des microorganismes non viables de l'environnement des enfants.

Le rôle de l'exposition aux animaux domestiques

L'observation récente de prévalences réduites d'allergies chez les enfants qui ont été exposés dans les premiers mois de la vie aux animaux domestiques (chats et surtout chiens) alimente les réflexions sur les causes de l'accroissement du risque allergique.

En 1999, Hesselmar et al. montrèrent que les enfants exposés aux animaux domestiques au cours de la première année de vie avaient une fréquence réduite de rhinite allergique, d'asthme et de sensibilisation aux chats entre 9 et 13 ans⁸. Ces données furent confirmées la même année par l'analyse d'une enquête européenne de surveillance de l'état respiratoire sur plus de 18 000 sujets, qui suggéra que l'exposition aux chats pendant l'enfance protégeait apparemment de l'allergie aux chats chez l'adulte. À la suite de ces articles, une méta-analyse fut présentée par Apelberg et al en 2001⁹. Les auteurs sélectionnèrent 32 études épidémiologiques, observèrent un risque réduit de manifestations d'allergie chez les enfants les plus jeunes, sans toutefois qu'il fût possible de conclure, compte tenu du caractère généralement transversal des études et des biais de sélection inhérents à ce type d'études. Dans les suites de cette méta-analyse, 10 études prospectives ont été publiées au cours des 6 dernières années^{10,11}, documentant progressivement la relation inverse entre l'exposition aux animaux domestiques et le risque allergique. L'association est plus forte en l'absence d'hérédité allergique familiale. La «protection» conférée par le chien est plus solide.

Ainsi, au cours des cinq dernières années, on assiste à une agrégation de données qui soutiennent cette hypothèse d'une protection vis-à-vis des maladies allergiques liées à une «exposition antigénique»



d'origine animale. On doit cependant souligner quelques réserves. Malgré le caractère prospectif de ces études, les facteurs relatifs à l'exposition sont généralement insuffisamment objectivés, car la question principale lors de la mise en place de ces cohortes n'était pas le rôle protecteur éventuel des animaux domestiques. En outre, dans la majorité de ces études, le classique biais de sélection selon lequel les familles à hérédité allergique ont tendance à protéger l'environnement de leurs nouveau-nés ne peut être exclu.

D'où l'intérêt de mettre en place des études prospectives, qui non seulement prennent en compte *a priori* l'hérédité allergique, mais aussi le contexte qui conduit à l'acquisition ou la suppression de l'animal domestique, et surtout qui quantifient l'exposition du nouveau-né à l'animal et à ses allergènes majeurs par des prélèvements spécifiques. C'est ce que prévoit l'étude PASTURE, même si l'étude de l'exposition précoce aux animaux domestiques en tant que telle ne fait pas partie de ses objectifs principaux.

La question de la protection conférée par la vie à la ferme

De nombreuses études transversales dans différents pays d'Europe mais également en Amérique du Nord, ont montré de façon reproductible que les enfants ayant grandi à la ferme présentaient moins d'asthme, de rhume des foins et de sensibilisation atopique que leurs

homologues qui n'avaient jamais vécu à la ferme¹²⁻¹⁷.

Cet effet protecteur semble se poursuivre à l'adolescence et au-delà, même si les résultats de ce type observés chez l'adulte peuvent dans une certaine mesure être attribués à un effet travailleur sain. Les résultats de plusieurs de ces études transversales chez des enfants d'âge scolaire suggèrent fortement que l'exposition au bétail et la consommation de lait cru non pasteurisé sont les facteurs les plus significativement en relation avec la tolérance vis-à-vis des allergènes environnementaux. Les analyses rétrospectives les plus récentes, de plus, indiquent que de telles expositions doivent survenir pendant la grossesse et au cours de la 1^{ère} année de vie de l'enfant pour conférer une protection significative. L'exposition, pendant la grossesse de la mère à l'environnement de la ferme, et celle de l'enfant durant sa 1^{ère} année de vie à l'ambiance des étables et au lait cru, se sont avérées significativement associées à des prévalences d'asthme (0,8 % vs 11,8 %), de rhume des foins (0,8 % vs 16 %) et de sensibilisation atopique (8,2 % vs 32,9 %) très basses, comparées à celles observées chez les enfants témoins non exposés. Après ajustement sur les facteurs de confusion, le pouvoir protecteur reste très élevé, avec des rapports de cote de 0,14 pour l'asthme, de 0,20 pour le rhume des foins et de 0,32 pour la sensibilisation atopique.

Il existe maintenant, fin 2006, plus de 20 études menées dans diverses

régions du globe, qui permettent de suspecter un certain nombre de facteurs de protection vis-à-vis du risque allergique, résumés ci-après :

- Être né dans une ferme :
 - de production laitière où il y a des bovins,
 - «traditionnelle» avec des locaux d'exploitation et d'habitation contigus,
 - en «Europe centrale» (Autriche, Bavière, Suisse, Finlande, Suède, etc.);
- Avoir eu des contacts répétés avec l'ambiance de l'étable bovine au cours de la 1^{ère} année de vie;
- Avoir une mère qui a eu des contacts répétés et réguliers avec l'ambiance de l'étable bovine durant sa grossesse;
- Avoir bu du lait «cru» (non bouilli, non pasteurisé) au cours de la première année de vie;
- Avoir eu une alimentation riche en produits laitiers au cours des premières années de vie;
- Être exposé(e) à de fortes concentrations d'endotoxines et de substances microbiennes.

Il faut toutefois insister sur le caractère rétrospectif de la totalité de ces études qui permettent de proposer ces facteurs de protection; pour aucun d'entre eux, la causalité ne peut être affirmée.

Des études prospectives sont clairement nécessaires pour investiguer la séquence temporelle des événements, qui relie, en milieu agricole, les expositions environne-



mentales précoces à la maturation de la réponse immunitaire et au développement d'allergies ou à l'inverse d'une tolérance.

Les hypothèses explicatives des effets protecteurs

Les facteurs impliqués dans la protection contre l'atopie

Les endotoxines ont été les premières substances d'origine microbienne évoquées comme un des éléments-clés de la protection conférée par ce milieu agricole de production laitière. Substances lipo-polysaccharidiques issues de la paroi de nombreuses bactéries, notamment des entérobactéries, elles bloquent la production d'IgE spécifiques chez l'animal d'expérience et, chez l'enfant à haut risque d'asthme, sont susceptibles d'induire une réponse associée à une fréquence décriée de sensibilisation aux allergènes de la poussière de maison. Or, les concentrations en endotoxines sont particulièrement élevées dans les habitats fermiers de production laitière, et leur concentration dans l'environnement domestique est inversement corrélée avec le risque allergique chez des enfants en âge scolaire mais aussi avec l'asthme atopique chez des agriculteurs adultes. Les bovins sont considérés comme les principaux pourvoyeurs d'endotoxines dans l'environnement de la ferme, mais les chats et les chiens dispersent aussi de fortes quantités d'endotoxines dans leurs excréments. Ainsi, les endotoxines se posent en «candidat idéal» pour relier chats,

chiens, vaches... et allergies. Il est donc possible que la présence des chats et des chiens, habituels en milieu agricole de production laitière, participe à l'effet protecteur des fermes. En effet, une analyse réalisée dans le cadre de l'étude ALEX ayant porté sur 319 enfants vivant dans les fermes et 493 enfants vivant en milieu rural mais pas dans une ferme a montré qu'une exposition aux chiens et aux chats au moment de l'étude était associée à une réduction du risque de sensibilisation atopique, mais également que le cumul d'une exposition actuelle aux chiens et d'une exposition régulière aux animaux de la ferme était associé à une réduction encore plus significative des risques d'asthme et de sensibilisation aux allergènes de chats^{18, 19}.

Cependant, les endotoxines ne sauraient à elles seules expliquer le rôle protecteur observé en milieu agricole et au contact des chats et chiens. Une étude récente, par exemple, a suggéré des effets indépendants de l'exposition aux animaux domestiques et des endotoxines vis-à-vis de l'allergie. De plus, les résultats de l'étude ALEX signifient clairement qu'il existe une protection liée à la présence de l'enfant dans l'étable bovine indépendamment de l'exposition aux endotoxines. L'acide N-acétyl muramique, composé bactérien aux effets immunomodulateurs bien connus est un candidat sérieux; ses taux dans le matelas des enfants vivant à la ferme sont plus élevés;

ils sont significativement associés à une réduction des affections respiratoires sifflantes et de l'asthme dans une population d'enfants d'âge scolaire allemands, autrichiens et suisses sans cependant qu'on puisse mettre en évidence d'association avec la réduction de la sensibilisation atopique. Plus récemment, dans l'étude PARSIFAL, les auteurs ont dosé diverses substances d'origine microbiennes et fongiques, endotoxines, bêta (1,3)-glucanes et polysaccharides extracellulaires, dans la poussière de la salle de séjour et la literie de 229 enfants vivant dans des fermes, 122 enfants des écoles anthroposophiques Steiner, et 127 enfants témoins vivant en milieu rural. Les taux d'endotoxines mais aussi de substances d'origine fongiques étaient plus élevés dans les fermes que chez les sujets contrôles. L'effet protecteur de la vie à la ferme pourrait donc aussi résulter d'une exposition à diverses substances d'origine fongique; cependant, on ignore presque tout de la nature des agents fongiques en cause, en termes d'espèces et de localisation dans l'espace agricole.

Les substances microbiennes potentiellement impliquées n'épuisent cependant pas la liste possible des candidats à la «protection»: les allergènes présents dans la ferme et respirés dès les premières semaines de vie en grande quantité pourraient favoriser la production d'anticorps IgG aux dépens des IgE, établissant ainsi un état de tolérance. Cette hypothèse de



«l'immunotolérance» ou de «la réponse immunologiquement modifiée» stipule à l'origine que l'exposition à de hautes doses d'allergènes de chat est associée à une diminution du risque de sensibilisation spécifique de type IgE, mais en revanche à une augmentation de la production d'IgG. Une telle réponse a été évoquée pour expliquer l'effet protecteur du contact avec le chat; or, les antigènes de chat sont abondants dans l'environnement de la ferme en dépit d'une sensibilisation moindre à leurs allergènes chez les agriculteurs. Cette «réponse modifiée» pourrait bien ne pas être spécifique du chat et être favorisée par la forte exposition aux allergènes du chat, certes, mais aussi des chiens, des bovins et des autres animaux d'élevage et de basse-cour et ainsi qu'aux pollens de graminées à laquelle sont soumis les jeunes enfants dans les étables et les granges. Ainsi, les «candidats» à la protection conférée par le milieu agricole sont multiples et seule une étude prospective les prenant en compte dans leur multiplicité est susceptible de nous faire progresser dans leur connaissance.

Les bases immunologiques de la protection

La vie à la ferme et/ou le contact permanent avec les animaux pourrait représenter un ensemble de facteurs qui contribueraient à un apprentissage du système immunitaire à limiter la production des IgE, ou plutôt l'expression effective de ces anticorps et donc l'ex-

pression de l'allergie. *In utero*, les lymphocytes T du fœtus sont maintenus dans un état « basal », caractérisé par la production de cytokines particulières, de type « Th2 ». Les réponses immunes à la naissance sont très largement dominées par les lymphocytes Th2. Par la suite, le système immunitaire normal (*c'est-à-dire non allergique*) s'oriente vers une réponse de type « Th1 » et est associée aux réactions de défense contre les micro-organismes. Les micro-organismes sont en effet associés à des signaux de « danger » reconnus par les cellules de l'immunité qui déterminent cette nouvelle orientation. Des récepteurs sont chargés d'identifier ces signaux de danger et d'en transférer l'information aux lymphocytes. Ces récepteurs sont essentiels pour déterminer l'orientation des réponses immunitaires vis-à-vis d'un micro-organisme donné, et à long terme, pour un individu donné, en fonction de ses « expériences » microbiennes dans l'enfance. Chez l'enfant potentiellement atopique, les réponses, initiées *in utero*, sont maintenues voire exacerbées, et cela d'autant plus que des facteurs génétiques s'ajoutent aux éléments d'environnement. De plus, les enfants atopiques présentent des anomalies qui suggèrent fortement des modifications dans les systèmes de signalisation. Les résultats obtenus sur les prélèvements faits lors de l'étude ALEX vont dans ce sens, car chez les enfants vivant à la ferme et « protégés » par leur mode de vie, ils montrent l'intervention d'autres

substances d'origine microbienne, des composants des bactéries à Gram négatif et des particules de moisissures, associées à la protection contre les allergies.

Facteurs génétiques et facteurs d'environnement interagissent donc et ces interactions commencent dès la vie fœtale. Dans l'étude PARSIFAL, la sensibilisation atopique et l'expression génique de ces mêmes récepteurs semblent très fortement déterminées par l'exposition maternelle à l'environnement de l'étable pendant sa grossesse. Une relation dose-effet a même été observée entre le niveau d'expression de ces gènes et le nombre d'espèces différentes d'animaux de la ferme rencontrées par les mères pendant leur grossesse. Les modalités précises de cette influence maternelle pendant la grossesse restent cependant encore assez mystérieuses, et c'est tout l'intérêt des études prospectives «de cohorte», comme PASTURE, où les enfants ont été étudiés dès avant leur naissance et où l'analyse immunologique peut prendre en compte à la fois le système immunitaire des parents et de l'enfant, les facteurs environnementaux, le mode de vie et la survenue des événements atopiques à long terme.

Les objectifs de l'enquête PASTURE

L'objectif général de l'enquête PASTURE est d'identifier précisément les facteurs d'environnement qui protègent de l'allergie atopique, de préciser leur interaction



avec les facteurs génétiques, avec pour finalité de mettre en place des stratégies de prévention chez des sujets génétiquement pré-déterminés.

Objectifs spécifiques principaux

- Confirmer de façon prospective le rôle protecteur de l'exposition à un environnement agricole de production laitière;
- Déterminer le rôle d'une exposition importante à des substances d'origine microbienne dans la protection contre la survenue des allergies chez les enfants en milieu rural;
- Caractériser les mécanismes immunologiques et génétiques impliqués dans le déterminisme des réponses individuelles à ces influences environnementales (interaction gènes-environnement);
- Caractériser les manifestations cliniques et biologiques d'allergie chez l'enfant et leur évolution de la naissance à l'âge de 6-7 ans.

Méthodes

Des femmes enceintes, vivant ou non à la ferme, ont été identifiées au 3^e trimestre de leur grossesse, dans 5 régions rurales d'Europe (région de Bâle en Suisse, en Franche-Comté en France, Bavière en Allemagne, Autriche et Finlande). En France, elles ont été identifiées par la Mutualité Sociale Agricole de Franche-Comté qui leur a envoyé une lettre d'information et une proposition de participation à l'étude.

Avant la fin de la grossesse, un rendez-vous a été pris avec l'un des membres de l'équipe chargée de l'étude : au cours de ce rendez-vous, qui a eu lieu au domicile de la patiente, les modalités de l'enquête ont été expliquées, la feuille d'information relue, et l'intervenant a répondu à toutes les questions de la patiente et de sa famille. Là ont été remplis un questionnaire concernant l'exploitation agricole (pour les patientes vivant en ferme), l'état de santé et les facteurs liés au style de vie des patientes. Un prélèvement sanguin pour l'étude des IgE spécifiques et pour les études immunogénétiques a été réalisé chez la patiente et le futur père par une infirmière expérimentée.

À la naissance de l'enfant, du sang du cordon a été recueilli par la sage-femme présente lors de l'accouchement, préalablement contactée au sujet de l'étude; ceci pour caractériser les polymorphismes et l'expression des gènes liés à la reconnaissance des substances d'origine microbienne.

À l'âge des 2 mois de l'enfant, un nouveau rendez-vous au domicile de la patiente a été pris après entretien téléphonique.

À l'âge d'un an, un troisième rendez-vous a été pris avec la famille. Il a eu lieu à l'hôpital. Un pédiatre a recueilli et vérifié le questionnaire 1 an, réalisé un examen complet de l'enfant, notamment un examen dermatologique à la recherche d'un eczéma atopique à partir du score européen SCORAD, a réalisé des tests

cutanés aux pneumallergènes et trophallergènes courants.

À l'âge de 2 ans, la mère a bénéficié d'un interrogatoire téléphonique sur la base d'un questionnaire, d'une durée de 40 minutes.

À l'âge de 3 ans, les familles bénéficient d'un entretien téléphonique sur rendez-vous pour remplir un questionnaire médical et environnemental concernant la famille, l'enfant de l'étude et la fratrie.

À ces dispositifs, il faut ajouter les questionnaires «Environnement et Santé», les prélèvements et analyses biologiques, les prélèvements environnementaux à la ferme et dans l'habitation, ainsi que les prélèvements de lait maternel, si la femme allaite et un échantillon du lait de vache utilisé par la famille.

Résultats attendus des travaux de recherche et perspectives

Cette étude a pour objectif immédiat d'expliquer l'augmentation de prévalence des maladies allergiques en identifiant les substances qui, dans certains milieux spécifiques «protégés», exercent une action préventive, et de déterminer les mécanismes immunogénétiques impliqués. À terme, cela pourrait déboucher sur la mise en place de protocoles interventionnels de prévention, puis l'élaboration de stratégies préventives contre l'asthme et les maladies allergiques par l'utilisation de substances microbiennes et/ou de probiotiques chez les sujets génétiquement susceptibles.



(Photo - Pierre Simon)

Parallèlement, ce travail permettra d'approfondir nos connaissances dans le domaine des relations entre exposition et sensibilisation atopique, et de situer le rôle de l'alimentation sur le risque de maladies allergiques. Par exemple, il est beaucoup question depuis 3-4 ans de l'éventuel rôle protecteur joué par l'exposition très précoce aux chats et aux chiens, alors que généralement les contacts avec d'autres allergènes (acariens, blattes, etc.) représentent des risques documentés. De même, l'influence de l'allaitement maternel a fait l'objet de débats contradictoires depuis quelques années.

Cette étude européenne est donc susceptible d'apporter une forte contribution à la prévention des maladies allergiques dont la fréquence et la gravité en font actuellement un problème de santé publique unanimement reconnu.

Résultats préliminaires

Les résultats des examens faits à la naissance et lors de la première année de suivi ont été présentés lors d'une réunion du consortium de recherche, qui a eu lieu en

Franche-Comté à Arc et Senans les 29 et 30 mai 2006. Seule une petite partie des résultats publiés est résumée dans ce paragraphe. Les données non publiées, confidentielles, ne sont pas présentées.

Ces résultats se résument ainsi :

- Les enfants nés dans une ferme ont, dès la naissance, plus souvent un profil lymphocytaire de type Th1 que leurs homologues non-fermiers;
- Les enfants nés dans une ferme, dès la naissance, sont moins souvent sensibilisés que leurs homologues non-fermiers aux allergènes de l'environnement extérieur, mais pas aux allergènes alimentaires courants. La sensibilisation néonatale aux allergènes alimentaires est fortement corrélée au profil de sensibilisation maternel, ce qui n'est pas le cas pour les allergènes respiratoires;
- Au niveau microbiologique, les chambres des enfants des fermiers sont plus contaminées en moisissures que les chambres de leurs homologues ruraux non-fermiers. La contamination en moisissures dans les étables est de 20 à 50 fois supérieure à celle observée dans les chambres des enfants, mais compte tenu du temps passé au cours de la première année de vie par les enfants dans la chambre, cette exposition «domestique» est certainement au moins aussi importante que l'exposition «agricole»;
- Le risque réduit d'allergie observé chez les enfants de fermiers

qui boivent régulièrement du lait cru n'est pas expliqué par la présence d'endotoxines dans le lait. En effet, la concentration en endotoxines est globalement moins élevée dans le lait consommé par les fermiers que dans le lait consommé par leurs homologues ruraux non fermiers.

Conclusion

Ce programme de travail qui réunit des équipes de recherche européennes représente un enjeu majeur à divers titres.

Pour le monde agricole, il existe une grande curiosité et un espoir de voir des facteurs protecteurs découverts à une période où l'écologie politique désigne les agriculteurs comme vecteurs de pathologies par exemple dans le débat autour des produits phytosanitaires.

En Franche-Comté ceux-ci ressentent de la fierté à participer à l'avancée de la science et à l'idée d'un autre regard sur leur métier.

En Europe ce sont 1 069 familles qui ont été incluses dans l'étude au début dont 192 en France qui sont toutes Franc-Comtoises dans une zone d'élevage familiale de vaches laitières.

Pour la santé humaine l'enjeu se situe à deux niveaux pour les responsables de la sécurité sociale agricole que nous sommes :

- Enjeu humain au regard de la morbidité et de la mortalité engendrée par l'allergie;

- Enjeu économique au regard du coût considérable que représentent les dépenses de santé sur ce chapitre à une période où les revenus consacrés à l'assurance maladie font débat dans tous les pays occidentaux.

Références

1. Burney P. (1997). Epidemiological trends. In Barnes P, Grunstein M, Leff A, Woolcock AJ, Editors. *Asthma*, Philadelphia, Lippincott-Raven.
2. Devenny, A., Wassall, H., Ninran, T., Omean, M., Khan, SD (2004). Russell. Respiratory symptoms and atopy in children in Aberdeen: questionnaire studies of a defined school population repeated over 35 years. *BMJ* 329(7464):489-90.
3. Grundy, J, Matthews S, Bateman B, Dean T, Arshad SH (2002). Rising prevalence of allergy to peanut in children: Data from 2 sequential cohorts. *J Allergy Clin Immunol*. Nov;110(5):784-9.
4. Aubier, M. Neukirch, F., Annesi-Maesano, I., Godeau, P. (2005). *Bull Acad natl méd* 189(7): 1419-34.
5. Strachan, DP (1989). Hay fever, hygiene, and household size. *BMJ* Nov 18;299(6710):1259-60
6. Von Mutius, E. Schmid, S. (2006) The PASTURE project: EU support for the improvement of knowledge about risk factors and preventive factors for atopy in Europe. *Allergy* Apr;61(4):407-13.
7. Isaulori, E. Rautava, S. Kalliomäki, M. et al. (2002). Role of probiotics in food hypersensitivity. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* Jun;2(3):263-71. Review.
8. Hesselmar B, Aberg N, Aberg B, Eriksson B, Bjorksten B. (1999). Does early exposure to cat or dog protect against later allergy development? *Clin Exp Allergy*;29:611-7
9. Apelberg, BJ, Aoki, Y., Jaakkola, JJ (2001). Systematic review: Exposure to pets and risk of asthma and asthma-like symptoms *J Allergy Clin Immunol* Mar;107(3):455-60.
10. Vuitton DA (2006). Dalphin JC. Hygiène et allergie : les microorganismes des fermes sont-ils protecteurs? *J Myc Méd*
11. Dalphin JC. (2004). Le chat, le chien, la vache. et l'allergie. *Rev Mal Respir*;21:891-5.
12. Braun-Fahrlander C, Gassner M, Grize L, Neu U, Sennhauser FH, Varonier HS, Vuille JC, Wuthrich B. (1999). Prevalence of hay fever and allergic sensitization in farmer's children and their peers living in the same rural community. SCARPOL team.

Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution. *Clin Exp Allergy*. Jan;29(1):28-34.

13. Kilpelainen, M. Terho, EO, Helenius, H. Koskenvuo, M. (2000). Farm environment in childhood prevents the development of allergies *Clin Exp Allergy*. 2000 Feb;30(2): 201-8.

14. Riedler J, Braun-Fahrlander C, Eder W, Schreuer M, Waser M, Maisch S, Carr D, Schierl R, Nowak D., von Mutius E. ALEX Study Team (2001) Exposure to farming in early life and development of asthma and allergy: a cross-sectional survey *Lancet*. Oct 6;358(9288):1129-33.

15. Remes, ST, Iivanainen K, Koskela H, Pekkanen J. (2003). Which factors explain the lower prevalence of atopy amongst farmers' children? *Clin Exp Allergy*. 2003 Apr;33(4):427-34.

16. Von Mutius E, Braun-Fahrlander C,

Schierl R, Riedler J, Ehlermann S, Maisch S et al. (2000). Exposure to endotoxin or other bacterial components might protect against the development of atopy. *Clin Exp Allergy* 30:1230-4.

17. Von Mutius E. (2004). Influences in allergy: epidemiology and the environment. *J Allergy Clin Immunol*. 113:373-9.

18. Waser M, Schierl R, von Mutius E, Maisch S, Carr D, Riedler J, Eder W, Schreuer M, Nowak D, Braun-Fahrlander C; ALEX Study Team (2004). Determinants of endotoxin levels in living environments of farmers' children and their peers from rural areas. *Clin Exp Allergy*. Mar;34(3):389-97

19. Waser M, von Mutius E, Riedler J, Nowak D, Maisch S, Carr D, Eder W, Tebow G, Schierl R, Schreuer M, Braun-Fahrlander C; The ALEX Study team. (2005). Exposure to pets, and the association with hay fever, asthma, and atopic sensitization in rural children. *Allergy* Feb;60(2):177-84.



Protection contre l'Allergie : Etude du milieu Rural et de son Environnement

Une étude Européenne de suivi de nouveaux nés vivant en zone rurale pour confirmer que l'exposition très précoce, en période périnatale, à un environnement agricole protège du risque ultérieur d'allergies.

**.5 Pays participants :
Allemagne, Autriche, Finlande, Suisse et France.**

**.Une seule région par pays,
pour la France : la Franche-Comté**

Bénéfices attendus :

- **Individuel** : chaque enfant de l'étude bénéficiera d'un dépistage précoce, gratuit, des maladies allergiques.
- **Collectif** : les résultats devraient guider des stratégies de prévention contre l'allergie en Europe.

Pour tout renseignement

Equipe de Recherche Santé et Environnement Rural, Université de Franche-Comté (SERF)
CHU Jean Minjot, contact : Docteur Martine PEARNOUX
25030 BESANCON
tel : 03 81 66 82 86 fax : 03 81 66 89 14

Fédération de Franche-Comté des MSA
Contact : Docteur Jean-Jacques LAPLANTE ou Nadia GUILLOU
13 avenue Clélie Cassevier, 25090 BESANCON cedex 9
tel : 03 81 65 60 38 fax : 03 81 65 60 03



MSA
santé
territoire
vétérinaire
services



« LES CHEMINS DE LA SANTÉ » : UNE COLLECTION D'OUTILS AU SERVICE DE L'ÉDUCATION POUR LA SANTÉ

BRUNO HOUSSEAU⁽¹⁾

L'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES) considère le public « enfants et jeunes » comme un public prioritaire au regard de ses missions et des objectifs de santé publique. Ainsi, au-delà des actions qui leurs sont destinées au travers de ses programmes thématiques (tabac, alcool, nutrition, VIH/IST, etc.), l'Institut développe un programme dit « enfants et jeunes » dont l'objectif de développement des compétences cognitives émotionnelles et sociales constitue un socle commun pour aborder l'ensemble des problématiques de santé relatives à cette population.

Longtemps l'école a été un partenaire « naturel » et favorable (voir l'encadré à la page suivante) pour travailler et mettre en œuvre des programmes d'éducation pour la santé. Depuis quelques années, s'affirme à l'Institut une volonté de dépasser ce cadre du milieu scolaire et de travailler avec des professionnels d'autres environnements (périnatalité, centres de vacances et de loisirs, etc.) de manière à développer une approche plus globale de cette population.

Cependant, aujourd'hui encore, du fait de nombreuses années d'une collaboration riche et fructueuse avec le ministère de l'Éducation nationale français c'est le milieu scolaire qui est le plus richement doté en termes de documents d'information, de guides méthodologiques ou d'outils d'intervention en éducation pour la santé.

C'est pourquoi cet article – même si les grands principes sont ceux que l'Institut développe pour les autres milieux – s'attache à décrire une collection d'outils d'intervention en éducation pour la santé en milieu scolaire.

Les principes fondamentaux pour concevoir des outils d'intervention en éducation pour la santé pour le milieu scolaire

C'est la question qui anime en 1995 un groupe de travail composé de différents types de professionnels : enseignants, médecins ou infirmières scolaires, professionnels de l'éducation pour la santé, documentalistes, etc. dont la volonté est de renouveler le type d'outils mis à la disposition des enseignants; les supports existant n'ayant pas pris en compte l'évolution de la réflexion sur la promotion de la santé entreprise depuis une dizaine d'années. Cette réflexion aboutit



à la création d'un cahier des charges qui fixe un cadre pédagogique commun à l'ensemble des documents réalisés par le Comité Français d'Éducation pour la Santé (CFES)^a en direction du milieu scolaire.

Quelques grands principes s'inspirant de la définition OMS de la santé et de la charte d'Ottawa, régissent ce cahier des charges :

1. *Prendre en compte toutes les dimensions de la personne humaine :*

- respecter les diversités culturelles, familiales, socio-économiques;
- prévoir des activités qui ne fassent pas appel qu'aux facultés de raisonnement et de mémorisation des enfants, prendre en compte leur besoin de bouger, d'être actifs et leurs besoins affectifs et relationnels;
- quel que soit le thème évoqué, l'aborder sous tous ses aspects (physique, psychologique, social);
- ne pas présenter un modèle idéal, une vérité universelle mais aider

Chargé de mission au Département des ressources pour les professionnels, Institut national de prévention et d'éducation pour la santé, 42, Boulevard Libération, 93200 Saint Denis Cedex, France. Téléphone : 33 (0)1 49 33 22 22, Télécopie : 33 (0)1 49 33 23 90 bruno.housseau@inpes.sante.fr

^a L'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES) s'est substitué au Comité français d'éducation pour la santé, par décret du 3 mai 2002.



les enfants à se construire une opinion à partir de messages ou de désirs souvent contradictoires.

2. *Permettre aux enfants d'être acteurs:*

- construire les projets en s'appuyant sur les représentations, les préoccupations et les expériences des enfants;
- relier les activités à leur vie quotidienne;
- les aider à prendre des responsabilités dans les projets;
- leur donner envie et les moyens de découvrir de créer et non de répéter le discours des adultes.

3. *Veiller à ne pas accroître les inégalités sociales :*

- éviter de reproduire les situations d'échec et de réussite;
- écouter et valoriser tous les enfants et plus particulièrement ceux qui rencontrent des difficultés scolaires, familiales et sociales;
- relativiser et individualiser autant que possible les conseils et les recommandations.

4. *Intégrer les activités à la vie de la classe et de l'école :*

- éviter les interventions ponctuelles;
- intégrer autant que possible les actions d'éducation pour la santé à un projet de classe ou d'établissement.

5. *Conjuguer les actions visant l'amélioration des conditions de vie dans l'école et les actions d'éducation pour la santé :*

- prendre en compte les responsabilités individuelles et collectives;
- prendre en compte les responsabilités des enfants et des adultes.

6. *Travailler en partenariat : enseignants, santé scolaire, parents, partenaires extérieurs :*

- valoriser les compétences;
- développer les relations et les échanges;
- donner l'habitude à chacun de faire appel aux autres dans le respect de leur spécificité.

Ce cadre « pédagogique » influence aujourd'hui encore la création des outils d'intervention en éducation pour la santé en milieu scolaire qu'ils soient à destination de l'école maternelle (Badaboum et Garat^b), à destination des enfants de 8 à 10 ans (collection « Les chemins de la santé^c ») ou enfin à destination

^b Prévention des accidents de la vie domestique.
^c Cette collection comprend quatre coffrets : Léo et l'eau, Léo et la terre, Léa et l'air et Léa et le feu.

du collège (« Libre comme l'air^d » et « Fourchettes et baskets^e »).

Les chemins de la santé : une collection de quatre coffrets respectant les représentations de la santé des enfants de 8 à 10 ans

Les enfants ont une perception holistique de la santé. Ils recréent, sans la connaître, la définition OMS de la santé et y voient un concept à trois dimensions simultanées et interdépendantes : la dimension physique, la dimension psychique et la dimension sociale (et environnementale). Ainsi, lorsqu'ils parlent de santé ils évoquent plus volontiers la bonne condition physique, le bien-être et l'absence de maladie.

^d Prévention du tabagisme.
^e Éducation nutritionnelle.

CADRE INSTITUTIONNEL DE L'ÉDUCATION À LA SANTÉ À L'ÉCOLE

La circulaire n°98-237 « Orientations pour l'éducation à la santé à l'école et au collège » pose l'éducation à la santé comme l'une des missions de l'école :

« L'éducation à la santé se déroule tout au long de la scolarité des élèves. Elle doit commencer très tôt car beaucoup de comportements favorables à la santé s'acquièrent d'autant plus aisément qu'ils font l'objet d'un apprentissage précoce. Sa mise en œuvre implique que l'ensemble des personnels intègrent les objectifs d'éducation à la santé dans les missions qui déterminent leur action au quotidien. »

Cette circulaire définit l'éducation à la santé :

« À l'opposé d'un conditionnement, l'éducation à la santé vise à aider chaque jeune à s'approprier progressivement les moyens d'opérer des choix, d'adopter des comportements responsables, pour lui-même comme vis-à-vis d'autrui et de l'environnement ».

Elle explicite les objectifs qu'elle vise et les compétences à développer : compétences dans le domaine des savoirs (connaissance et maîtrise du corps, sexualité et reproduction, environnement et santé, vie sociale et santé) mais aussi compétences personnelles et relationnelles transversales en relation avec l'image de soi, l'autonomie, la relation aux autres, l'esprit critique et la responsabilité.

Ces orientations ont été reprises et renforcées dans le programme quinquennal de prévention publié par le Ministère en décembre 2003 : « *L'école a la responsabilité particulière, en liaison étroite avec la famille, de veiller à la santé des jeunes qui lui sont confiés et de favoriser le développement harmonieux de leur personnalité. Elle participe également à la prévention et à la promotion de la santé en assurant aux élèves, tout au long de leur scolarité, une éducation à la santé, en articulation avec les enseignements, adaptée à la fois à leurs attentes et à leurs besoins ainsi qu'aux enjeux actuels de santé publique. L'objectif est de leur permettre d'acquérir des connaissances, de développer leur esprit critique et d'adopter par là même des comportements favorables à leur santé en développant leur accès à l'autonomie et à la responsabilité.* »



Du fait de ces représentations, la collection « Les chemins de la santé » s'est créée autour des 4 éléments (la terre, l'eau, l'air et le feu) qui contribuent sous toutes leurs formes, et dans ces différentes dimensions à la santé des enfants et non pas en termes de thèmes de santé à proprement parler (tabagisme, accidents de la vie domestique, nutrition, etc.).

Ainsi « Léo et la terre », « Léo et l'eau », « Léa et l'air » et « Léa et le feu » permettent à l'ensemble de la communauté éducative de travailler la santé – dans son acception globale – en poursuivant trois objectifs principaux : développer le respect de soi-même et l'autonomie, promouvoir le respect d'autrui et la solidarité, sensibiliser au respect et à la protection de l'environnement.

Passer des idées à leur mise en œuvre...

Les grands principes ainsi que les objectifs de la collection décrits ci-dessus, ont constitué un cadre pour la réalisation des quatre mallettes qui la composent. Dès la conception du cahier des charges, la nécessité de mettre en œuvre concrètement ces orientations et ces objectifs s'est traduite par une réflexion autour des éléments constitutifs des coffrets et des publics à impliquer.

Quatre types de destinataires ont ainsi été repérés : les adultes de l'école, les enfants (individuellement), la famille (l'entourage) et le groupe « classe ».

De ce repérage des publics à impliquer dans l'action a découlé la

nécessité de réaliser 3 grands types de supports. Des supports destinés aux différents professionnels travaillant à ou pour l'école (enseignants, infirmière et médecin scolaire, personnels techniques, etc.), des supports destinés aux enfants (et permettant de faire le lien avec l'entourage) et un support pour la classe. Ainsi chaque coffret comprend un livret enseignant, des documents d'évaluation, un jeu collectif, un livret enfant, un carnet personnel, une frise.

Les documents pour la communauté scolaire

Ces éléments ont pour objectif d'aider ces adultes à dépasser la simple transmission d'information aux enfants. Ils regroupent :

- un livret réunissant les principales connaissances scientifiques sur les sujets traités, une liste de ressources utiles (bibliographie, sites Internet) et des recommandations générales en matière d'éducation pour la santé s'appuyant sur le cadre conceptuel et méthodologique précédemment décrit. Dans ce livret figurent également des propositions et des outils d'animation pédagogique dont les modalités d'utilisation sont variées (permettant à l'adulte de les utiliser au moment et dans l'ordre qui lui semblent les plus adéquats et d'y consacrer plus ou moins de temps; incitant les adultes à l'école à travailler en équipe - enseignants, santé scolaire, etc.- et à associer les parents; n'exigeant pas une préparation trop longue; amenant les adultes à s'interroger et à agir sur les conditions de vie des en-

fants dans l'école à propos du sujet traité - conditions d'hygiène, de repos, alimentation, activité physique, etc-;

- des outils d'évaluation (des grilles d'observation, des questionnaires) qui ne sont pas présentés comme des concepts théoriques mais intégrés à toutes les étapes du programme pour faciliter un réajustement régulier des activités.

Les outils destinés aux enfants

Ces documents aident les élèves à acquérir des connaissances mais les incitent aussi à s'exprimer, à dire ce qu'ils vivent, ce qu'ils pensent, ce qu'ils ressentent et à s'intéresser aux autres (enfants ou adultes). Ils comprennent :

- un carnet personnel destiné à chaque enfant et qu'il peut s'approprié (par ex. en indiquant son nom, en notant ses réflexions, en effectuant des dessins);
- un livret comportant un récit et proposant des activités à effectuer seul ou avec son entourage, favorisant les échanges au sein de la classe et incitant les enfants à découvrir leur environnement.

Ces outils permettent des activités sensorielles et motrices variées (manipulation, écoute, observation, activités de plein air).

Ils utilisent un vocabulaire et des illustrations accessibles au plus grand nombre, évitent les représentations socialement trop typées, renforcent les solidarités et le respect d'autrui. Ils font référence aux responsabilités individuelles et collectives en



matière de santé. Et plutôt que d'indiquer aux enfants des règles de bonne conduite, ils les aident à réfléchir, à faire des choix personnels, à repérer les différents éléments qui agissent sur leur santé, à partir de situation de leur vie quotidienne.

Ces deux types de documents (communauté scolaire et enfants) favorisent les liens entre l'école et la famille, incitent au dialogue entre les enfants et les parents (l'entourage). Les supports créés dans cet objectif sont ludiques ou informatifs. Ils évitent les jugements de valeur et les injonctions.

Un objet de décoration pour la classe

Il s'agit d'offrir aux enfants un objet (en l'occurrence une frise) qui leur permette de décorer la classe, donc de s'appropriier l'environnement, et qui constitue la mémoire de l'action.

Sans revenir sur l'ensemble des documents et activités composant les coffrets d'intervention, il nous paraît important de décrire plus en détail certaines grandes catégories d'activités de façon à illustrer concrètement la manière dont ces dernières permettent de respecter les principes d'éducation pour la santé retenus dans le cahier des charges. Dans cette partie de l'article, nous nous pencherons donc plus particulièrement sur ce que peuvent apporter le livret pour les enfants et certaines activités du livret « enseignant » comme par exemple les enquêtes et les visites ou encore les débats.

Le livret enfant

La réalisation des livrets enfants a été confiée à deux auteurs de récits et d'illustrations (Dominique de Saint Mars et Serge Bloch) spécialisés dans la réalisation d'ouvrages à destination de ce public. Les récits des livrets enfants mettent en scène les héros Léo ou Léa, leurs camarades d'horizons socioculturels différents ainsi que des adultes. Ils dépeignent des situations réelles, variées, proches du quotidien des enfants. Ces récits permettent aux élèves de s'identifier, de reconnaître des événements qu'ils vivent ou dont ils ont entendus parler par leurs camarades, de s'ouvrir à la vie, à différents points de vue, d'accroître leurs connaissances, de s'émouvoir, de réfléchir, etc.

Chaque livret étant distribué aux enfants, il peut être rapporté à la maison et créer un lien entre l'école et l'entourage. L'histoire peut être l'occasion d'une lecture en famille et d'une discussion des différents thèmes abordés. De plus, outre le récit, des activités diverses sont

également proposées. Elles peuvent être préparées à la maison avec les proches de l'enfant. Ces activités sont de natures très différentes, sollicitent des compétences diverses et répondent concrètement aux besoins de mouvements, de relation, d'exploration des enfants de cet âge. Ces activités (bricolage, observation, expérimentation, jeux, tests, etc.) sont ensuite reprises dans la classe pour confronter les résultats de chacun et favoriser les discussions.

Les débats

Les débats du livret enseignant permettent aux enfants de prolonger le récit en les menant à une réflexion collective et personnelle sur le sujet. Cette activité permet aux enfants de faire un parallèle entre ce que vivent Léo ou Léa et leurs propres expériences, leurs propres questionnements vis-à-vis des sujets traités et éventuellement de dédramatiser des situations génératrices d'inquiétude, d'incompréhension, d'intolérance, d'empêcher des sentiments ou des comportements d'exclusion et de

LES THÈMES DE DÉBATS PROPOSÉS DANS LES 4 COFFRETS

Léo et l'eau : un jour j'ai eu honte; j'ai peur de l'eau; je prends des risques; garçons et filles; entre plaisir et raison.

Léo et la terre : les autres se moquent de moi; j'ai perdu quelqu'un que j'aimais; j'ai peur des contrôles; j'aime trop les bonbons; à chacun son territoire.

Léa et l'air : je ne trouve pas toujours quelqu'un à qui me confier; j'ai peur de passer pour une mauviette; on me met à l'écart parce que je suis différent des autres; je n'ai pas toujours envie d'obéir au règlement; j'ai envie d'être « un grand ».

Léa et le feu : je ne crois que ce que je vois; j'ai peur dans le noir; j'ai assisté à une scène de racisme; on dit que je suis violent.



repli. Ils permettent également de favoriser l'émergence de leurs représentations, d'instaurer le dialogue entre les enfants (développer l'écoute, le respect de l'autre et de sa parole) et avec les adultes médiateurs du livre. En prenant la parole, en exprimant leurs opinions, en écoutant, en se confrontant à la parole des autres et en la respectant, les élèves deviennent acteurs. Leur réflexion s'étaye et les enfants sont mis en capacité de prendre position, de développer leur citoyenneté. Le débat leur apprend à construire leur personnalité en respectant les exigences de la vérité, de l'éthique et de la loi. C'est donc également l'occasion d'un travail sur l'identité. Certains élèves en grandes difficultés scolaires peuvent s'exprimer, la barrière de l'expression écrite étant supprimée.

Les enquêtes et les visites

Les enquêtes et les visites sont des activités du livret enseignant qui vont, pendant plusieurs semaines, mobiliser à la fois les enfants, les membres de la communauté éducative et des acteurs extérieurs à l'école. Se déroulant en plusieurs étapes, elles sont l'occasion de travailler avec les enfants sur plusieurs aspects de l'éducation pour la santé. Le premier d'entre eux concerne l'expression de leurs représentations et de leurs points de vue sur le thème proposé. Cette étape est primordiale puisqu'elle permet de révéler et de confronter les connaissances, les préoccupations, les éléments de réponse préexistants

à l'activité et d'enrichir les pistes de recherche, les questionnements. Par leur expression, ces représentations sont dès lors mises au travail et les résultats de l'enquête ou du compte rendu de la visite, ne viendront pas – le cas échéant – s'opposer frontalement à ces représentations préexistantes et trouveront plus facilement un écho chez les enfants.

Le second aspect concerne la rencontre d'adultes, de l'école ou extérieurs à l'école, qui auront été repérés comme pouvant être des ressources utiles pour obtenir de l'information pertinente. C'est l'occasion pour les élèves de comprendre par exemple, ce qui relève de leur responsabilité à l'école et ce qui leur échappe, ce qui dépend de la responsabilité des adultes à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement (enseignant, personnel de service, services municipaux) et ce qui dépend de leur environnement. Lors de cette étape le rôle traditionnellement attribué aux élèves est profondément renversé puisqu'au lieu de recevoir une « instruction » de manière relativement passive, ce sont eux qui partent en quête de connaissances à partir d'un questionnement qui est le leur et auprès d'adultes

(ou d'enfants) qu'ils ont préalablement identifiés comme étant des ressources.

Enfin, l'élaboration de solutions (au regard des problèmes qu'ils ont identifiés et des contingences de l'école) ou de comptes rendus des visites qu'ils ont effectuées s'appuie sur la capacité des enfants à synthétiser leur recueil d'informations tout en mobilisant leurs ressources créatives (aussi bien sur le plan intellectuel qu'artistique).

Les évaluations des coffrets

Une première évaluation des coffrets *Léo et l'eau* et *Léo et la terre* s'est déroulée en 1999 dans vingt-trois classes sur tout le territoire français. Le protocole d'évaluation basé sur des entretiens avec des enseignants avant et après l'action, sur des évaluations quantitatives de chaque activité réalisée et enfin sur des entretiens avec quatre enfants choisis dans chaque classe après l'action, avait permis de rendre compte de l'utilisation des coffrets. Les résultats avaient mis en lumière une bonne appréciation des outils de la part des enseignants tant sur le fond que sur la forme, ces derniers jugeant que les éléments contenus dans le coffret leur permettaient de traiter le thème

PRÉSENTATION DE L'INPES

L'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé est un établissement public administratif français chargé de mettre en œuvre les politiques de prévention et d'éducation pour la santé dans le cadre plus général des orientations de la politique de santé publique fixées par le gouvernement. Il participe également à la gestion des situations urgentes ou exceptionnelles ayant des conséquences sanitaires collectives et à la formation à l'éducation pour la santé.



de manière très satisfaisante. Les enfants avaient également éprouvé du plaisir à son utilisation et le livret enfant avait été unanimement reconnu comme très intéressant et très esthétique. Fort de cette évaluation positive, l'Institut a pu compléter la collection et concevoir les deux derniers coffrets en tenant compte des suggestions d'amélioration, notamment concernant les documents d'évaluation.

En 2007, deux autres évaluations sont en cours ou en projet sur la collection complète. Une évaluation de l'utilisation, après que plus de 40 000 mallettes aient été diffusées gratuitement en 3 ans ainsi qu'une évaluation de résultats dont l'objet est de savoir si la mise en œuvre des coffrets telle que décrite dans le livret enseignant permet effectivement d'atteindre les trois objectifs que la collection s'est assignée.

CONCLUSION

L'importance de l'environnement comme déterminant de la santé

Au schéma, simplifié et classique, présentant une relation triangulaire entre le savoir, l'éducateur et l'apprenant, il paraît indispensable d'introduire un quatrième protagoniste qui transforme le triangle en carré : l'environnement.

Ce quatrième élément comme les trois autres, va exercer des contraintes et subir des transformations au cours du processus éducatif. Une action en milieu scolaire devra donc conjuguer les actions visant

l'amélioration des conditions de vie (dans l'école, la maison, l'environnement au sens large) avec les actions d'éducation pour la santé et ne pas être en incohérence avec le milieu dans lequel les enfants évoluent.

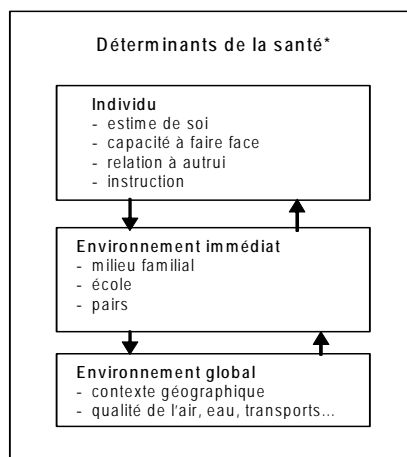
L'ensemble des éléments composant ces mallettes offrent la possibilité à la communauté éducative de mettre en œuvre des actions qui permettent d'agir sur les déterminants de la santé des enfants (voir schéma). Outre le développement ou le renforcement des compétences individuelles, une part importante des activités met l'accent sur l'aspect environnemental de la santé.

Cet environnement est à prendre dans ses différentes composantes^f intégrant aussi bien l'environne-

ment immédiat que global. Il s'agit de rendre les enfants capables d'appréhender l'influence de l'environnement sur leur santé mais également de prendre soin de leur environnement, de le protéger afin qu'il soit favorable à leur bien-être.

Comment la restauration scolaire participe-t-elle à la santé des enfants ? Comment est-il possible de garantir la sécurité à la maison par des gestes simples ? Toute l'eau présente sur terre est-elle bonne à boire ? Comment faire pour la respecter ? Les conditions d'hygiène à l'école permettent-elles de respecter les recommandations données aux enfants ? Comment le bruit, porté par l'air, peut-il nuire à la santé ? Comment l'air qui remplit nos poumons nous aide à prendre du plaisir dans nos activités physiques ? Comment bénéficier des bienfaits du soleil sans s'exposer à ses dangers ?

Autant de questions qui traversent l'ensemble de la collection et qui permettent à l'enfant de questionner, d'expérimenter, de rencontrer, de proposer et de confronter avec les autres des réponses et des solutions.



* Extrait de « Développement de l'enfant et de l'adolescent et conduites à risque : agir pour la santé, le bien-être et la réussite des jeunes ». Schéma conceptuel, Refips, à paraître 2007.

^f Petit robert de la langue française : « Ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) dans lesquels les organismes vivants (en particulier l'Homme) se développent. Ambiance, atmosphère, entourage, habitat, milieu. Environnement rural, urbain. Protection, qualité de l'environnement ».





LES ENFANTS ET LEUR EXPOSITION AUX CONTAMINANTS RETROUVÉS DANS CERTAINS PRODUITS DE CONSOMMATION : HISTORIQUE DES MESURES DE PRÉVENTION

NATACHA ETIENNE ET VALENTINO TRAMONTI⁽¹⁾

Au Canada, les produits de consommation retrouvés dans l'environnement des enfants, par exemple, les jouets, matériels et autres produits destinés à l'éducation ou à la récréation des enfants, les bijoux pour enfants, les céramiques émaillées sont régis par la *Loi sur les produits dangereux* (LPD)¹ et ses règlements. À l'aide de la LPD et ses règlements, on peut interdire l'importation, l'annonce et la vente de produits qui contiennent des matières ou substances empoisonnées, toxiques, inflammables, explosives, corrosives, infectieuses, comburantes (oxydantes) ou réactives, qui présentent un danger pour la santé et la sécurité du public. La LPD interdit les produits pour lesquels aucune norme réalisable ne protégerait le public d'une façon adéquate. Les produits limités peuvent être importés, annoncés ou vendus au Canada seulement si toutes les exigences de sécurité applicables sont respectées.

La *Loi sur les produits dangereux* a reçu la sanction royale en juin 1969. Dès janvier 1970, deux règlements avaient été adoptés². Le premier visait l'emballage et l'étiquetage

des produits chimiques de consommation et l'autre était la réglementation sur les jouets. En décembre 2006, la LPD comptait vingt-neuf règlements (les produits limités) ainsi que trente-sept autres types de produits bannis (les produits interdits).

Parmi les produits interdits, on retrouve les graines de jequirity (*abrus precatorius*) ou toute substance ou article provenant de ces graines ou contenant de telles graines, entières ou partielles. Elles sont dangereuses car elles renferment une albumine toxique « l'abrine » dans une concentration qui peut être mortelle pour un adulte si elle est mâchée ou brisée. La quantité d'abrine présente dans une seule graine est suffisante pour causer la mort d'un enfant. La plupart du temps, les produits qui renferment des graines de jequirity sont importés des Caraïbes, du Mexique ou de l'Inde. Ces graines colorées font souvent partie d'objet décoratif ou de bijoux (voir figure 1)³.

Depuis l'adoption du règlement sur les jouets, la LPD a été amendée à plusieurs reprises pour inclure d'autres produits limités et interdits car ces derniers présentaient un danger pour la santé ou la sécurité du public en raison de leur conception, construction ou contenu.

Les dangers chimiques dans les jouets

Les jouets sont assujettis à des exigences mécaniques, chimiques, électriques et d'inflammabilité. Cependant, dans le présent article nous n'aborderons que les dangers chimiques.

Les produits interdits

En novembre 1970, plusieurs items ont été ajoutés à la liste de produits bannis visant les dangers chimiques dans les jouets. Il s'agit de substances dangereuses qui sont susceptibles de devenir accessibles à un enfant dans des circonstances raisonnablement prévisibles notamment à la suite d'une cassure ou d'une fuite. Il s'agit des substances suivantes :

- a) Le tétrachlorure de carbone (CCl_4) ou une substance contenant du tétrachlorure de carbone (CCl_4). Le



Figure 1 – Graines de jequirity

⁽¹⁾ Santé Canada, Direction de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Programme de la sécurité des produits de consommation, 1001, rue Saint-Laurent, Longueuil (Québec) J4K 1C7. Téléphone : (450) 646-1353, télécopieur : (450) 928-4066. Courriel : Quebec_Prod@hc-sc.gc.ca

tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane) est un solvant qui était utilisé comme détachant par les fabricants de jouets. Il peut donc en subsister des traces sur le jouet. Le tétrachlorure de carbone est toxique s'il est respiré ou ingéré et il est un déprimeur du système nerveux central qui peut causer la nécrose cellulaire du foie et du rein. Cette exigence, qui interdit même des traces de cette substance dans un jouet, n'a jamais été modifiée même si l'utilisation du tétrachlorure de carbone comme solvant industriel a presque complètement cessé⁴.

b) *L'alcool méthylique* ou une substance contenant plus de 1 p.100 poids/volume d'alcool méthylique. L'alcool méthylique (méthanol, alcool de bois) est un solvant grandement utilisé dans les peintures, les décapants, les lave-glaces pour auto, etc. Les contenants de produits chimiques de consommation qui contiennent de l'alcool méthylique doivent porter l'étiquetage préventif sous forme de pictogrammes de danger, de mentions de dangers spécifiques, d'énoncés de précautions et de premiers soins, etc. Ces produits doivent aussi être emballés dans des contenants protégés-enfants. Même si l'utilisation de l'alcool méthylique dans les jouets est rare, son utilisation est interdite à cause de sa forte toxicité. Il est facilement absorbé par les voies gastro-intestinales et respiratoires. Une quantité aussi faible qu'une ou deux cuillères à thé peut être mortelle pour un jeune enfant et une quantité encore plus petite peut causer la cécité⁴.

L'alcool méthylique mélangé avec le nitrométhane est utilisé comme carburant par les amateurs d'avions ou d'autos modèles réduits. Ces carburants ne sont pas considérés comme jouet mais plutôt comme produit chimique de consommation.

c) *Les distillats de pétrole* ou une substance contenant plus de 10 p.100 poids/volume de distillats de pétrole. Dans les séries aliphatiques, la puissance narcotique augmente avec la longueur de la chaîne au moins jusqu'à l'octane (8 molécules de carbone). Les très grandes molécules, hexadécane (16 molécules de carbone) et plus, sont essentiellement inoffensives parce qu'elles ne sont pas absorbées au niveau des intestins. L'aspiration des hydrocarbures est beaucoup plus inquiétante que l'ingestion. L'aspiration peut se produire au moment de l'ingestion ou lors des vomissements subséquents et peut être mortelle. La viscosité de l'hydrocarbure ou du produit qui en contient est un facteur déterminant. En effet, une faible viscosité, inférieure à 70 S.U.S.^(a), à 37,5 °C fait en sorte que la substance est fortement susceptible d'être aspirée alors qu'au-delà de cette limite, le liquide plus visqueux ne constitue plus un risque d'aspiration. Un exemple de produit qui contient des distillats de pétrole serait les « balles flottantes » (voir figure 2)⁴.

Il s'agit en fait d'une « balle dans une balle » où la balle intérieure est en suspension dans un liquide contenant des distillats de pétrole.

Le liquide peut facilement fuir lors d'une cassure de la balle extérieure. Les hydrocarbures normalement utilisés dans ces produits ont une faible viscosité, ils constituent donc un danger d'aspiration. Un grand nombre de ces « balles flottantes » ont été retirées du marché canadien dans les dernières années.

D'autres produits remplis de liquide comme les baguettes, colliers, presse-papiers, minuterie compte minutes sont susceptibles de contenir des distillats de pétrole.

d) *Le benzène*. Le benzène est très toxique lorsqu'il est ingéré, respiré ou absorbé par la peau. Il est important de noter qu'il n'y a pas de quantité de benzène qui est tolérée dans les jouets. Même une trace de benzène serait suffisante pour justifier le retrait d'un jouet du marché. Cette interdiction a été incluse à la LPD car certaines pâtes à ballons qui étaient vendues



Figure 2 – Balles flottantes avec distillats de pétrole

^(a) Saybolt Universal Second (SUS). La seconde Saybolt - unité empirique de viscosité qui est repérée par le temps d'écoulement exprimé en seconde d'une quantité donnée de liquide dans un appareil normalisé.



aux États-Unis (mais pas au Canada) contenaient du benzène comme solvant. Cette exigence n'a pas été modifiée depuis son adoption en 1970⁴.

e) *La térébenthine* ou une substance contenant plus de 10 p. 100 poids/volume de térébenthine. La térébenthine est facilement absorbée par les voies gastro-intestinales et des essais effectués sur des animaux révèlent que l'aspiration de cette substance est encore plus dangereuse que l'aspiration de distillats de pétrole. Les mêmes produits qui contiennent des distillats de pétrole peuvent aussi contenir de la térébenthine⁴.

f) *Acide borique* ou sels d'acide borique. La toxicité des borates est assez bien connue. Les bébés et les jeunes enfants sont habituellement considérés comme étant plus sensibles que les adultes. Pour les adultes, la dose mortelle moyenne d'acide borique et de borates de sodium est probablement supérieure à 30 grammes, alors qu'il a été démontré que des quantités de 0,3 gramme d'acide borique causaient des irritations gastro-intestinales chez les bébés⁴.

Encore une fois, il n'y a pas de quantité minimale qui est acceptée dans les jouets. Par contre, cette interdiction a été adoptée à une époque où les méthodes d'analyses pour les borates avaient des seuils de détection qui n'étaient pas très bas. Les quantités détectables correspondaient donc à des quantités toxiques. À la suite d'une évaluation des risques⁵, une politique a été adoptée qui reflète les

techniques d'analyse et les seuils de détection modernes. Selon cette étude, une concentration maximale de 9,1 mg d'acide borique/g jouet serait considérée comme acceptable et au-delà de cette limite, on devrait entreprendre des actions de mise en force (retrait du marché, etc).

Les borates servent encore comme ignifugeant pour plusieurs types de produits de consommation tel que l'isolant cellulosique, et dans certaines composantes de futons et de matelas. On les trouvait couramment sur les jouets en peluche de rayonne afin de rencontrer les exigences d'inflammabilité⁴. Mais ceci n'est plus le cas car des textiles qui sont plus résistants à l'inflammation (polyester ou mélange de coton et polyester) sont maintenant utilisés dans la fabrication de ces jouets. Les borates utilisés comme ignifugeants sont facilement accessibles à l'utilisateur du produit car ces substances sont généralement appliquées en poudre. La manipulation ou un léger secouage du jouet produit une poussière contenant des borates.

L'acide borique et les sels d'acide borique sont aussi utilisés dans la fabrication de pâte à modeler et autres produits gélatineux tel que le « plaxmol ». Si trop de substance boratée est utilisée, le produit final peut contenir des résidus qui peuvent présenter un danger d'intoxication.

g) *L'éther éthylique*. Le principal danger de l'éther éthylique est son extrême inflammabilité. L'éther a un point d'ébullition si bas qu'il y

a peu de chances qu'il demeure sur les jouets. Le danger est donc que de l'éther éthylique se trouve dans un contenant scellé ou une composante fermée d'un jouet⁴.

Toutes les interdictions notées précédemment ont été adoptées en 1970. Cependant, une autre interdiction a été ajoutée en 1973 pour adresser une situation qui n'était pas couverte par la LPD. Tel que discuté, des « pâtes à ballons » contenant du benzène étaient vendus aux États-Unis. La LPD interdit la vente de ces produits au Canada. Par contre, des nouvelles versions de ces produits utilisaient d'autres solvants aliphatiques ou aromatiques. Ces produits sont offerts dans des contenants semblables à ceux utilisés pour la pâte à dents. La pâte est composée essentiellement d'une solution d'un polymère de vinyle et d'un solvant organique. Une courte paille en plastique est plongée dans la solution du polymère, puis l'utilisateur souffle dans la paille de façon à former un ballon. Si l'utilisateur arrête pour reprendre son souffle, le ballon a tendance à rétrécir, ce qui pousse la vapeur du solvant dans la bouche de l'utilisateur.

Les enfants sont tellement fascinés par ces jouets qu'ils peuvent faire des ballons pendant des heures. Dans ce cas, suffisamment de solvant peut être respiré pour causer les premiers symptômes de la dépression du système nerveux central, l'euphorie, les hallucinations et les étourdissements⁴.

Les fabricants ont modifié ces produits pour tenter de contourner



l'interdiction. Une de ces modifications utilisait un « masquant » pour cacher l'odeur familière des solvants organiques alors qu'ils étaient toujours présents. Des analyses chimiques ont confirmé la présence de solvants organiques et ces jouets « sans odeur » ont été retirés du marché.

Certains composés de métaux lourds peuvent être utilisés comme pigments pour les peintures et autres revêtements. La toxicité de ces composés est à l'origine de l'interdiction (adoptée en 1970 et modifiée subséquemment en 1978) de jouets qui sont recouverts d'un enduit décoratif ou protecteur contenant un composé d'antimoine, d'arsenic, de cadmium, de sélénium ou de baryum introduit tel quel, si plus de 1/10 p. 100 de ce composé se dissout dans de l'acide chlorhydrique à 5 p. 100 de concentration après avoir été remué pendant dix minutes⁴.

Selon le même principe, un jouet contenant un composé de mercure serait interdit au Canada. Les composés de mercure étaient utilisés dans la peinture pour combattre les moisissures et aussi comme

fongicide. Un programme volontaire fut mis sur pied en 1991 avec la collaboration de l'Association canadienne de l'industrie de la peinture et du revêtement (l'ACIPR). Ce programme visait à éliminer l'utilisation de mercure dans la peinture. En vertu de ce programme l'ajout intentionnel de mercure à la peinture d'intérieur fabriquée au Canada et destinée aux consommateurs était interdit. Depuis décembre 2000, les pesticides antimicrobiens à base de mercure ne sont plus homologués en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* administrée par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), et leur ajout intentionnel à toute peinture d'intérieur ou d'extérieur fabriquée au Canada est interdit⁶. Donc, il est très peu probable de retrouver du mercure dans un jouet avec un revêtement fabriqué ou appliqué au Canada. Le dépistage pour la teneur en métaux lourds dans les jouets se fait régulièrement dans les laboratoires à travers le monde.

Règlement sur les produits dangereux (jouets)⁷

Ce règlement est un des premiers introduits après l'adoption de la LPD. Il est en vigueur depuis novembre 1970 et a été amendé à plusieurs reprises. Ce règlement vise certains dangers mécaniques, d'inflammabilité, chimiques, microbiologiques, électriques et de chaleur qui ne sont pas autrement assujettis à la LPD.

Les exigences du règlement réduisent les dangers chimiques de deux

façons. Premièrement, les substances toxiques, corrosives, irritantes ou sensibilisatrices peuvent être présentes si celles-ci ne sont pas accessibles à l'utilisateur dans le cadre d'une utilisation raisonnablement prévisible. Ceci signifie que le produit, en raison de sa nature, de sa forme physique, de sa dimension ou de tout autre facteur doit être tel que la substance toxique ou la substance ou la partie qui la contient ne puisse être ingérée, inhalée ni absorbée à travers la peau.

Deuxièmement, la quantité totale de la substance toxique disponible ne doit pas dépasser un centième de la médiane de la dose mortelle orale ou cutanée aiguë, en prenant la moindre des deux, calculée pour un enfant ayant un poids corporel de 10 kg. Une substance corrosive, irritante ou sensibilisatrice ne doit pas être excessivement corrosive ou irritante ni être un agent sensibilisateur excessivement puissant basé sur les constatations faites à la suite des tests prescrits par le règlement.

Finalement, les résines, plastifiants, antioxydants, colorants, pigments et autres substances utilisées dans la fabrication des matières plastiques et leur teneur, leur qualité, leur quantité et leurs proportions, lorsqu'ils sont utilisés dans un jouet destiné à un enfant de moins de trois ans, doivent être ceux qui sont considérés comme acceptables pour l'utilisation dans la fabrication des matières d'emballage et des récipients pour aliments.



Figure 3 – Pâtes à ballons



Voici quelques exemples des dangers chimiques potentiels qui sont traités selon les exigences mentionnées précédemment. Le méthénamine (hexaméthylènetétramine) peut être utilisé comme antibiotique mais aussi comme carburant solide dans les jouets. Les pastilles de méthénamine sont utilisées pour faire bouillir l'eau des machines à vapeur jouets tels que les trains ou bateaux. La quantité de méthénamine incluse avec ces jouets est limitée par son LD50 et le calcul : $LD50 \times 1\% \times 10kg$.

Les esters de phtalates sont ajoutés comme plastifiants aux produits fabriqués avec du poly-chlorure de vinyle (PVC) pour les rendre souples et flexibles. La présence d'esters de phtalates dans les jouets en PVC préoccupe Santé Canada depuis le milieu des années 1980. À cette époque, l'utilisation de phtalate de di-(2-éthylhexyle) (DEHP) comme plastifiant dans les produits en vinyle souple pour enfants était prédominante. Lorsqu'il a été déterminé que le DEHP pouvait susciter des craintes concernant la santé et la sécurité des enfants, l'industrie a volontairement éliminé graduellement cette substance. En 1998, une évaluation des risques effectuée par Santé Canada a soulevé des inquiétudes concernant l'utilisation d'un autre phtalate, le phtalate de diisononyle (DINP). La quantité de DINP libérée à partir de produits souples en PVC, conçus tout particulièrement pour être portés à la bouche des jeunes enfants, peut présenter un risque pour la santé et la sécurité des enfants entre les âges de 3 mois et d'un an. En novembre 1998,

Santé Canada a émis un avis à l'intention des parents ainsi que des gardiens et gardiennes de très jeunes enfants de jeter les anneaux de dentition et les hochets en PVC. Les fabricants de ces produits ont été sollicités pour trouver des alternatives sécuritaires au DINP. La majorité de ces jouets, pour être portés à la bouche des jeunes enfants, sont maintenant fabriqués de plastique souple autre que le PVC.

Le plomb dans les produits pour enfants

Le plomb, métal mou, lourd et bon marché se prête à de nombreuses utilisations industrielles, et peut avoir divers effets néfastes sur la santé humaine, en particulier sur la santé des jeunes enfants.

Ce dernier ne joue aucun rôle physiologique connu chez l'humain. Il inhibe diverses enzymes par déplacement d'autres métaux comme le calcium, le zinc et le fer, et peut avoir des effets nocifs sur presque tous les systèmes et appareils de l'organisme, en particulier le système nerveux, les reins et l'appareil reproducteur.



Figure 4 – Machines à vapeur et pastilles de méthénamine

Pour une même concentration dans le sang, les effets du plomb sont beaucoup plus nocifs chez les enfants que chez les adultes. Étant donné que leur développement n'est pas terminé, les organes, les systèmes et appareils des enfants parviennent plus difficilement à éliminer le plomb de leur corps. Alors qu'environ 10 % du plomb ingéré par les adultes est absorbé dans le sang par l'intermédiaire de l'intestin, environ 40 % du plomb ingéré est absorbé par l'organisme des enfants d'âge préscolaire⁸. Le seuil de toxicité du plomb pour le sang et le système nerveux est plus faible chez les enfants. Le système nerveux en développement des jeunes enfants est particulièrement sensible aux effets nocifs du plomb. Une exposition à de très faibles quantités de plomb peut avoir des effets néfastes sur leur développement intellectuel, leur croissance et leur comportement. Comme le squelette des enfants est plus petit et qu'il emmagasine moins de plomb, une plus grande quantité est absorbée dans le sang et les tissus mous où ses effets sont le plus néfastes. Les enfants sont plus vulnérables que les adultes parce qu'ils risquent davantage d'être exposés au plomb en raison de leur comportement. En effet, les jeunes enfants explorent leur environnement et ont l'habitude toute naturelle de porter à la bouche et de mâcher les objets qui leur tombent sous la main. En outre, 10 à 30 % des enfants âgés de un an à six ans présentent des symptômes de pica, trouble alimentaire caractérisé par une tendance à porter à la bouche ou à tenter de manger des objets non



comestibles comme des éclats de peinture, des éléments du mobilier ou des jouets⁹. Le plomb a une saveur douce qui incite les jeunes enfants à se mettre dans la bouche les objets qui en contiennent.

Afin de réduire considérablement les risques d'exposition au plomb pour les enfants, la *Loi sur les produits dangereux* et ses règlements, dont l'application relève du Bureau de la sécurité des produits de consommation de Santé Canada, a fixé des limites de la teneur en plomb pour certains produits de consommation retrouvés dans l'environnement des enfants.

Meubles, jouets, matériels et autres produits éducatifs ou récréatifs pour enfants

Avant les années 1970, le plomb était un composé couramment utilisé dans les peintures appliquées aux produits de consommation. Par l'entrée en vigueur de la *Loi sur les produits dangereux* à cette même période, en 1969, deux interdictions sur les revêtements en plomb utilisés dans les produits pour enfants ont été adoptées afin de réduire les risques d'intoxication lorsqu'un objet de ce type entre en contact avec la bouche d'un enfant³.

La première interdiction vise tous les meubles et autres articles pour enfants. Ces derniers ne peuvent pas être recouverts d'un enduit décoratif ou protecteur contenant des composés de plomb dont la teneur totale dépasse 5000 mg/kg.

La deuxième interdiction vise tout jouet, matériel et autres produits éducatifs ou récréatifs pour enfants auxquels a été appliqué un revêtement contenant du plomb dont la teneur dépasse 5000 mg/kg.

Des études subséquentes ont montré que cette limite présente un risque considérable pour le public, spécialement pour les enfants et les femmes enceintes. En vertu de ces nouvelles données, la limite de la teneur en plomb a été révisée en diminuant celle-ci à 600 mg/kg. Cette norme tire son origine d'une évaluation réalisée qui avait permis de déterminer qu'une teneur en plomb dans la peinture au plus de 600 mg/kg n'aurait aucun effet indésirable pour les enfants lorsqu'un pouce carré (6,45 centimètres carrés) de peinture est ingéré chaque jour. Cette teneur en plomb limite pour les revêtements est le niveau de base ou le niveau non intentionnel de plomb que l'on ne peut pas éliminer complètement des revêtements et qu'on sait qu'elle protège les enfants contre la toxicité liée à l'exposition au plomb.

Crayons et pinceaux d'artiste

Dans le passé, les crayons et pinceaux d'artistes étaient enduits de substances renfermant du plomb. La présence de plomb était habituellement liée à l'utilisation de certains pigments dans l'enduit (ex. blanc de plomb, orange de chrome). Par conséquent, les personnes qui mâchaient les gâmes ingéraient du plomb.

La Sécurité des produits de consommation a pris conscience du

problème lié à la teneur en plomb des revêtements appliqués aux crayons et pinceaux d'artistes par les responsables d'écoles secondaires, des conseils de santé municipaux et d'une étude publiée aux États-Unis. Des mesures pour formuler un règlement pour contrôler ce risque pour la santé ont débuté en 1971. Les essais effectués à cette époque indiquaient que la teneur en plomb de certains revêtements allait jusqu'à 140 000 mg/kg³.

Une interdiction est entrée en vigueur le 1^{er} novembre 1973, selon laquelle la teneur en plomb des revêtements décoratifs ou protecteurs secs des crayons et pinceaux d'artistes devait être inférieure ou égale à 5000 mg/kg. La limite relative en plomb de 5000 mg/kg pour les revêtements était considérée sécuritaire selon les renseignements de l'époque.

Des études subséquentes ont montré que cette limite présente un risque considérable pour le public, spécialement pour les enfants et les femmes enceintes. En vertu de ces nouvelles données, la limite de la teneur en plomb a été révisée en diminuant celle-ci à 600 mg/kg.

Produits céramiques et produits de verre émaillés

Le problème des produits céramiques émaillés et de verre contenant du plomb avait été signalé en 1969 lorsque deux cas d'intoxication par le plomb ont été attribués à l'utilisation d'un pot en céramique émaillée. Après avoir bu du jus de fruits conservé pendant une période d'environ quatre semaines, un



enfant est mort et un autre a subi un long traitement contre le saturnisme. Le pot toxique avait été conçu comme produit décoratif et n'était pas destiné à recevoir des aliments³.

L'intoxication se produit quand le plomb que renferme l'émail de la poterie se dissout dans les liquides ou d'autres aliments et est ingéré avec l'aliment ou la boisson. La libération du plomb est accélérée dans les cas des aliments acides tels que les jus de fruits et les boissons gazeuses ou alcoolique. Des concentrations de plomb peuvent passer dans des aliments ou des liquides servis dans ces poteries ou qui y ont été conservés pendant de courtes périodes. Les enfants sont particulièrement vulnérables aux effets de l'ingestion de ces aliments ou liquides.

Un règlement a été mis en place afin de réduire le risque d'empoisonnement causé par le plomb provenant de produits de céramiques ou de verre émaillés susceptibles de contenir des aliments. La portée de cet article a été élargie sur les produits céramiques qui ne sont pas habituellement employés pour préparer, conserver ou servir des aliments. Ce règlement limite également les niveaux permis de cadmium dans des produits de céramique ou de verre émaillés susceptibles de contenir des aliments.

Bijoux

C'est à la suite de différents incidents et de différentes interdictions volontaires que l'adoption d'un règlement sur les bijoux a vu le jour dans *la Loi sur les produits dangereux*¹⁰.

En effet, en avril 1998, un consommateur s'est plaint à Santé Canada d'un pendentif pour enfants fait de plomb pur recouvert d'un revêtement décoratif qui avait été acheté au Canada. L'enfant en question âgée de cinq ans présentait une teneur élevée en plomb dans le sang après avoir mordillé le revêtement décoratif et sucé le pendentif.

En octobre 1998, un consommateur a signalé un autre incident semblable. L'enfant en question avait mâchonné le revêtement décoratif du collier, puis sucé le métal sous-jacent. Le pendentif de ce collier a été analysé et il a été découvert que ce dernier contenait près de 75% de plomb.

Avant de recourir à la réglementation, Santé Canada a pris diverses mesures pour limiter le risque d'exposition au plomb contenu dans les bijoux pour enfants. En 1998-1999, des négociations ont été entamées avec l'industrie de la bijouterie, au sujet d'une interdiction volontaire de vendre des bijoux pour enfants contenant du plomb. Malheureusement, des enquêtes de suivi menées par Santé Canada en 1999 et 2001 auprès des détaillants de bijoux pour enfants, ont révélé que l'observation volontaire avait été inefficace dans ce cas et qu'un nombre considérable de bijoux contenant du plomb étaient encore importés et vendus au Canada.

Compte tenu de ces résultats, il a été décidé de limiter la teneur en plomb des bijoux pour enfants au moyen de la réglementation. Cette

initiative réglementaire vise donc à protéger la santé et la sécurité des enfants en limitant le risque d'exposition au plomb lorsque les enfants sucent ou mâchent des bijoux. Il est interdit d'annoncer, de vendre ou d'importer au Canada des bijoux pour enfants de moins de 15 ans contenant plus de 600 mg/kg de plomb total et plus de 90 mg/kg de plomb lixiviable (plomb libéré).

Stratégie de réduction du plomb

Malgré le fait que des règlements adoptés par le gouvernement et les initiatives de l'industrie aient permis de réduire considérablement les risques d'exposition au plomb pour la population, l'utilisation ou la manipulation des produits de consommation présentent encore des risques, surtout pour les enfants. En effet, la *Loi sur les produits* et ses règlements, ne fixe des limites en plomb que pour les produits mentionnés ci haut.

Dans sa forme actuelle, la *Loi sur les produits dangereux* ne donne pas le pouvoir à Santé Canada de limiter l'importation, la commercialisation et la vente de produits de consommation non réglementés pouvant représenter un danger d'exposition au plomb. En raison des lacunes de la loi, Santé Canada ne peut prendre de mesures proactives pour réduire les risques d'exposition. Le Ministère est forcé d'agir au cas par cas lorsqu'on lui signale que certains produits de consommation peuvent présenter des risques pour la santé, et de solliciter la collaboration de l'industrie pour limiter les risques.



Étant donné que la portée des règlements en vigueur est trop limitée pour protéger adéquatement les enfants contre l'exposition au plomb contenue dans les produits de consommation, le Bureau de la sécurité des produits de consommation de Santé Canada a ébauché une stratégie s'intitulant : « *La stratégie de réduction des risques liés au plomb (SRRP)* »¹¹.

Le but de cette stratégie est de protéger les enfants en réglementant, en vertu de la *Loi sur les produits dangereux*, la teneur en plomb de quatre catégories de produits avec lesquels les enfants sont les plus susceptibles d'entrer en contact. Le classement des produits en quatre groupes est fondé sur la description et l'utilisation des produits ainsi que sur le risque relatif à l'exposition au plomb qu'ils présentent pour les enfants.

Deux facteurs ont été pris en compte pour l'évaluation de ce risque :

1. La probabilité qu'un enfant entre en contact avec le produit et qu'il soit ainsi exposé au plomb. Cette probabilité dépend de l'accessibilité, pour les enfants, du produit lui-même et de ses composants contenant du plomb.

2. Le niveau d'exposition dépend de la proportion de plomb lixiviable dans le produit et de la fréquence d'exposition au produit. Le niveau d'exposition est également fonction de la forme sous laquelle se présente le plomb, de la solubilité du plomb, des propriétés chimiques et mécaniques du matériau dans lequel se trouve le plomb et de

l'incidence du vieillissement et/ou de l'usure et de l'endommagement du produit sur l'accessibilité au plomb qu'il contient.

Les produits présentant les risques les plus élevés sont ceux pour lesquels ces deux facteurs ont la plus grande valeur.

Une interdiction totale de l'utilisation du plomb sous toutes ses formes dans la fabrication de tous les produits de consommation serait irréaliste puisque les consommateurs, et surtout les enfants, sont constamment exposés à de très faibles doses de plomb dans l'environnement. Afin de tenir compte de cette réalité, qui est la même pour les citoyens et les industries, et de maintenir un grand choix de produits sur le marché canadien, des normes relatives à la teneur en plomb et au rendement qui sont en harmonie avec les normes internationales et celles des partenaires commerciaux du Canada ont été élaborées.

Les produits de consommation visés par le règlement proposé dans la Stratégie ont été divisés en quatre groupes :

- *Groupe 1*: produits dont le mode de consommation nécessite ou a des probabilités d'être portés à la bouche.
- *Groupe 2*: matériels, meubles, jouets vêtements et autres produits destinés à être utilisés par les enfants.
- *Groupe 3*: produits destinés à être utilisés pour manger et boire ou pour préparer, servir ou con-

server les aliments et les boissons.

- *Groupe 4*: produits de consommation destinés à être fondus ou brûlés dans des espaces clos.

Des limites pour la teneur en plomb (total et lixiviable) ont été déterminées pour chacun des groupes et les règlements seront instaurés un groupe à la fois.

À la suite de l'implantation complète de cette stratégie, tous les produits retrouvés dans l'environnement des enfants seront réglementés en vertu de la *Loi sur les produits dangereux*.

Références

1. *Loi sur les produits dangereux*, S. R. c. H-3, DORS/2005-344, C. P. 2005-805
2. *Loi sur les produits dangereux* – Manuel de référence – Sécurité des produits
3. *Loi sur les produits dangereux* – Manuel de référence- Produits Chimiques
4. *Loi sur les produits dangereux* – Manuel de référence- Produits de la mécanique et de l'électricité
5. Craan, Myers, Green (1997). Hazard Assessment of Boric Acid in Toys. *Regul Toxicol Pharmacol*, 26, 271-80. Article No. RT 971155
6. Résumé de l'étude d'impact de la réglementation: Gazette du Canada Partie II, Vol. 139, No. 9, pp 890-901
7. Règlement sur les produits dangereux (jouets). C.R.C., c. 931, DORS/91-267, C.P. 1991-648.
8. Nadakavukaren, Anne, ed. (2000). *Our Global Environment: A Health Perspective*, 5th edition, Waveland Press, Prospect Heights, Illinois. p 252.
9. Madden, N.A., Russo, D.C. & Cataldo, M.F. (1980). Environmental Influences on Mouthing in Children with Lead Intoxication. *J Pediatric Psychol* 5(2):207-216.)
10. Règlement sur les bijoux pour enfants. DORS/2005-132, C.P. 2005-805.
11. Stratégie de réduction des risques liés au plomb. Bureau de la sécurité des produits, Santé Canada. Avril 2002.



LES EFFETS DU STRESS MATERNEL PRÉNATAL SUR LE DÉVELOPPEMENT COGNITIF DES ENFANTS : PROJET VERGLAS

SUZANNE KING^(1,2), YANNICK MARSOLAIS⁽¹⁾ ET DAVID P. LAPLANTE⁽¹⁾

Introduction

Les études rétrospectives menées auprès d'humains, ainsi que les études expérimentales ayant recours à des animaux, suggèrent que le stress subi pendant la grossesse peut nuire aux fonctions physiques, comportementales et cognitives de la progéniture. Or, à l'heure actuelle, les connaissances à ce sujet sont incomplètes. De plus, certaines limites méthodologiques, inhérentes à ces types d'études, restreignent la portée des observations. D'une part, les résultats obtenus à l'aide d'animaux se généralisent difficilement aux humains. D'autre part, les études menées avec des humains ne permettent pas toujours de distribuer aléatoirement les événements stressants, ce qui peut introduire des facteurs confondants. Cependant, les désastres naturels ou ceux provoqués par l'activité humaine agissent toutefois comme des « expériences naturelles » permettant de distribuer aléatoirement l'exposition au stress. À cet effet, le Projet Verglas du Québec

(voir encadré) profite de ce type d'événement.

Le but de ce texte^(a) est de revoir brièvement la littérature traitant des effets du stress maternel prénatal sur le développement cognitif des enfants. De plus, une partie des résultats du Projet Verglas, menée auprès d'enfants exposés *in utero* au stress occasionné par la crise du verglas de janvier 1998, est également présentée. Il s'agit notamment d'une partie du projet évaluant le développement



(Photo - Remy Boily)

cognitif et linguistique de ces enfants à l'âge de deux ans. Ce volet de l'étude fait d'ailleurs partie d'une vaste étude longitudinale prospective menée sur un large échantillon.

Les effets du stress maternel prénatal (SMP) sur le développement du fœtus et de l'enfant

De nombreuses études animales et humaines ont évalué les effets du SMP. Chez les humains, des études portant sur l'anxiété vécue par les femmes enceintes¹⁻³ et leur exposition à des événements de

^(a) Ce texte, adapté d'un article publié par les auteurs, est intitulé : The effects of prenatal maternal stress on children's cognitive development : Project Ice Storm, *Stress*, March 2005; 8(1) 35-45.

LA CRISE DU VERGLAS EN QUELQUES CHIFFRES

- Épisodes intenses de pluie verglaçante entre le 5 et le 9 janvier 1998
- > 1000 pylônes électriques et de 25 000 poteaux de transmission endommagés
- 700 municipalités touchées, en particulier la Montérégie (triangle noir)
- 3 millions de personnes privées de courant électrique
- Durée de la panne : de quelques heures à plus de 6 semaines
- 450 abris mis sur pied et offrant le gîte à 17 000 personnes
- 17 décès attribuables au verglas
- Des milliers de personnes hospitalisées
- Secteurs de l'agriculture et de l'acériculture gravement touchés
- Les réclamations d'assurances s'élèvent à 1 milliard \$
- 3 milliards en perte de revenus pour le milieu des affaires
- 1 milliard de \$ pour les travaux de réparation des infrastructures électriques
- > 46 000 personnes congédiées en lien direct ou indirect avec la crise
- Plusieurs bâtiments effondrés sous le poids de la glace et de la neige

⁽¹⁾ Centre de recherche de l'Hôpital Douglas, Pavillon Perry, 6875, boul. LaSalle, Verdun Montréal (Québec) H4H 1R3. Téléphone: 541-761-6131, poste 2353; télécopieur: 514-762-3049. Courriel: Suzanne.king@douglas.mcgill.ca

⁽²⁾ Département de psychiatrie, Mc Gill University



vie importants (ex. un divorce) montrent que le SMP est associé à diverses complications obstétriques, telles que des naissances prématurées^{4,5}. Par ailleurs, des études menées au sein de la population révèlent que l'anxiété maternelle pendant la grossesse peut augmenter les niveaux de retrait social, d'anxiété et de dépression chez les enfants, ce qui est partiellement confirmé par des études expérimentales menées avec des rongeurs. Un des grands classiques dans le domaine, soit l'étude de Huttunen et Niskanen⁶, s'est intéressé au lien pouvant exister entre l'occurrence des maladies mentales et le décès du père pendant la période *in utero* ou au cours de la première année de vie. À l'aide d'un échantillon de Finlandais, les auteurs ont constaté que le taux de schizophrénie ou de troubles mentaux était significativement plus élevé chez le groupe ayant vécu le décès de leur père pendant la période prénatale. De même, une étude de Van Os et Selton⁷ révèle que l'invasion allemande en Hollande, pendant la 2^e guerre mondiale, s'est traduite par une augmentation significative du taux de schizophrénie chez la progéniture hollandaise exposée *in utero* durant cette période. De plus, ces études ont démontré qu'il existe un effet relatif au moment d'exposition à l'anxiété pendant la grossesse. Par exemple, le 2^e trimestre de la grossesse semble présenter les effets les plus marqués⁸. Autrement dit, le moment d'exposition pourrait jouer un rôle plus important que

l'élément stressant en soit. Selon certains chercheurs^{6,9-14}, cette période de la mi-grossesse serait décisive et critique pour le développement cérébral^{15,16}. Par ailleurs, des études chez les primates non-humains montrent que le stress subi dès le 1^{er} trimestre présente des effets plus négatifs sur le poids à la naissance et/ou sur le fonctionnement neuromoteur que s'il était vécu au 2^e trimestre¹⁷. On constate ainsi que la question relative au moment d'exposition au stress est intimement associée au facteur d'intérêt particulier.

La recherche dans le contexte des désastres

Les désastres offrent une occasion unique d'étudier les effets du stress sur la population. En effet, ceux-ci représentent des événements sinistres qui menacent la capacité d'adaptation d'une communauté, et ce, par le biais de diverses situations, telles qu'une perte d'individu ou de biens, une menace à la vie ou à l'intégrité physique, une responsabilité attribuée (humain *versus* naturel), une ampleur et une durée du désastre considérables, etc. Puisque les événements de ce type diffèrent à plusieurs égards, le degré d'exposition des individus touchés doit être documenté et évalué par le biais de questionnaires développés spécifiquement pour chaque désastre. Il existe à ce propos des instruments de mesure standardisés, qui ont été mis au point afin d'évaluer l'impact psychologique des désastres. Néanmoins, il existe de

nombreuses variables inconnues dans ce domaine. On peut songer, par exemple, au rôle du tempérament de la mère, aux facteurs génétiques et ceux liés à l'environnement prénatal, ainsi qu'à l'exposition au stress objectif et subjectif.

Objectifs du Projet Verglas

Profitant de l'exposition aléatoire au stress, occasionnée par la crise du verglas au Québec en janvier 1998, ainsi que le nombre élevé de femmes enceintes affectées à ce moment, le Projet Verglas tente d'approfondir les connaissances relatives aux effets du stress maternel prénatal chez l'être humain. L'objectif principal du projet est de comprendre comment les trois aspects de l'expérience du stress (objectif, subjectif et hormonal) peuvent influencer la grossesse et le fœtus dans son développement physique, cognitif et comportemental. L'étude cherche également à comprendre le rôle du moment d'exposition au stress pendant la grossesse et d'en déterminer les effets.

Méthodologie du projet

Identification des participantes

Quatre hôpitaux ont été contactés afin d'identifier les médecins pratiquant des accouchements. Vingt de ces médecins ont par la suite collaboré afin d'identifier plus de 1 400 femmes qui correspondaient à nos critères d'inclusion soit : être enceinte au 9 janvier 1998 ou devenir enceinte au cours des trois mois suivant la crise du verglas,



être âgée de 18 ans et plus et s'exprimer couramment en français. Le 1^{er} juin 1998, des questionnaires ont été expédiés dans les différentes cliniques participantes, qui se sont chargées d'acheminer les 1 440 questionnaires aux femmes éligibles. Le taux de réponse a été de 15,5 %, ce qui est considéré normal dans le cas d'un questionnaire non sollicité (224/1 440). Parmi les 224 participantes, 178 femmes ont indiqué leurs coordonnées permettant de les rejoindre et de participer par la suite. Le suivi a été interrompu auprès de 14 familles, ce qui est notamment dû à des fausses-couches, des avortements, des pertes de contact ou des refus de poursuivre l'étude. Conséquemment, 141 familles participent à l'étude.

Instruments de mesure

Plusieurs questionnaires ont servi à la collecte des données. Les objectifs de chacun d'entre eux, la dimension mesurée, ainsi que les références, sont résumés au tableau 1.

Résultats

Les résultats rapportés concernent l'évaluation objective et subjective du stress causé par le verglas, ainsi que ses effets sur les habiletés cognitives, linguistiques et le style de jeu chez les enfants à l'âge de deux ans.

Réaction au verglas

En moyenne, les mères participantes ont été privées d'électricité pendant 14,9 jours (écart-type de

8,9) et privées de téléphone pendant 4,4 jours (écart-type de 8,4). Environ 65 % d'entre elles ont dû passer au moins une nuit à l'extérieur de leur foyer (moyenne de 9,2 nuits; écart-type de 11,2) et changer de lieu 1,3 fois (écart-type de 1,2). Parmi celles qui sont demeurées à leur domicile, 37,7 % ont eu des invités (1,4 personne en moyenne), qui ont été hébergés en moyenne pendant 3,0 jours. Près de la moitié ont rapporté avoir vu leur maison endommagée; 44,7 % ont par ailleurs subi une

perte de revenus reliée directement à la tempête de verglas. Six pour cent de ces mères ont été blessées physiquement pendant l'événement climatique et 37,7 % mentionnent avoir été inquiètes pour la sécurité d'un proche.

L'exposition objective au stress, évaluée par des échelles à 8 niveaux se rapportant aux 4 dimensions du STORM32, donne les résultats moyens suivants : 3,0 points pour l'ampleur, 3,0 pour la perte, 3,1 points pour le changement et 1,5 points sur la dimension menace.

Tableau 1. Instruments de mesure, objectifs et indices utilisés pour les questionnaires

| INSTRUMENTS | OBJECTIFS | INDICES |
|---|--|---|
| Réaction à la tempête (envoi en juin 1998) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluer l'exposition objective à la crise du verglas (4 dimensions évaluées : menace, perte, ampleur, changement p/r au quotidien). ▪ Évaluer la réaction subjective. ▪ Statut socio-économique des parents. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ STORM32 (cote totale) : chaque dimension est évaluée avec une cote de 1 à 8. ▪ Impact of Event Scale-Revised (IES scale)**: échelle de 22 items associés aux catégories du désordre post-traumatique : pensées intrusives, hyperexcitabilité et évitement. ▪ Hollingshead scale: évaluation de la scolarité et de l'occupation du père et de la mère. |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sévérité des symptômes psychiatriques maternels et symptômes généraux reliés au stress | <ul style="list-style-type: none"> ▪ General Health Questionnaire : incluant des échelles reflétant l'anxiété, la dépression, les symptômes somatiques et dysfonction |
| Déroulement et conséquence de la grossesse (envoi 6 mois après la date d'accouchement prévue) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépression post-partum ▪ Identification d'autres événements (12 mois rétrospectifs) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Edinburgh Postnatal Depression Scale ▪ Version modifiée du Life Experiences Survey |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation de la personnalité de la mère | <ul style="list-style-type: none"> ▪ NEO Five Factor Inventory |
| Évaluation en laboratoire (à deux ans) 61 familles* | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cognitif général | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bayley Scale of Infant Development (2nd ed.) |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vocabulaire | <ul style="list-style-type: none"> ▪ MacArthur Communicative Development Inventory |
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement du jeu fonctionnel | <ul style="list-style-type: none"> — |

* Représentatives du premier tiers et du 3^e tiers de sévérité objective du stress et des trois trimestres de la grossesse. Les enfants nés par césarienne, présentant un faible poids à la naissance et autre stress sévère (par ex décès d'un proche) ont été exclus.

** Les références des tests ou indices sont disponibles dans l'article original



Globalement, la cote des participantes est de 10,4 points (écart-type de 4,9).

En ce qui a trait à la réaction subjective au stress, les mères obtiennent en moyenne une cote

de 11,9 points mesurée par l'échelle IES-R (Impact of Event Scale-Revised)^{18,19}. En prenant une cote de 22 comme point de référence, tel que suggéré par les auteurs de l'échelle, 16,6 % des mères montrent une réaction

subjective au stress compatible avec les symptômes cliniques associés au désordre de stress post-traumatique.

Habiletés linguistiques et intellectuelles

Afin d'examiner s'il existe une interaction entre le trimestre d'exposition et la sévérité du stress vécu, les résultats obtenus au STORM32 ont été divisés en trois catégories (stress faible, modéré et élevé). De ces catégories, deux groupes ont été formés, soit un groupe à stress faible et un groupe à stress élevé (composé des catégories de stress modéré et élevé). Dans un premier temps, nos résultats révèlent que le stress maternel objectif élevé est associé à un fonctionnement intellectuel et linguistique plus faible chez l'enfant à l'âge de deux ans²⁰. D'ailleurs, ces résultats confirment nos analyses portant sur le comportement ludique²¹. En ce qui a trait aux habiletés intellectuelles, les enfants dont les mères ont été exposées à un stress modéré ou élevé (groupe à stress élevé) pendant le 1^{er} ou 2^e trimestre de la grossesse présentent une cote significativement plus faible au MDI Bayley que le groupe à stress faible, soit une différence de 14 points (écart-type entre 0,95 et 1) (voir figure 1). Au 2^e trimestre, les enfants du groupe à stress élevé obtiennent une cote de 19,5 points plus faible que ceux classés dans le groupe à stress faible (écart-type de 1,3). D'ailleurs, ces effets persistent même après avoir contrôlé pour l'âge, le poids à la naissance, le stress subjectif et le statut socio-économique. Il n'y a toutefois aucun effet de la sévérité du stress en ce

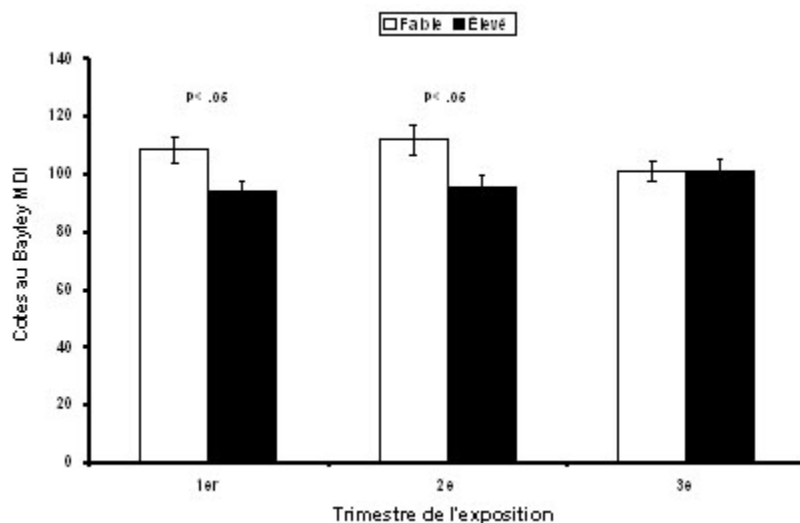


Figure 1 : Cotes moyennes obtenues au Bayley MDI par les enfants à l'âge de 2 ans en fonction des niveaux de stress maternel et du trimestre de l'exposition

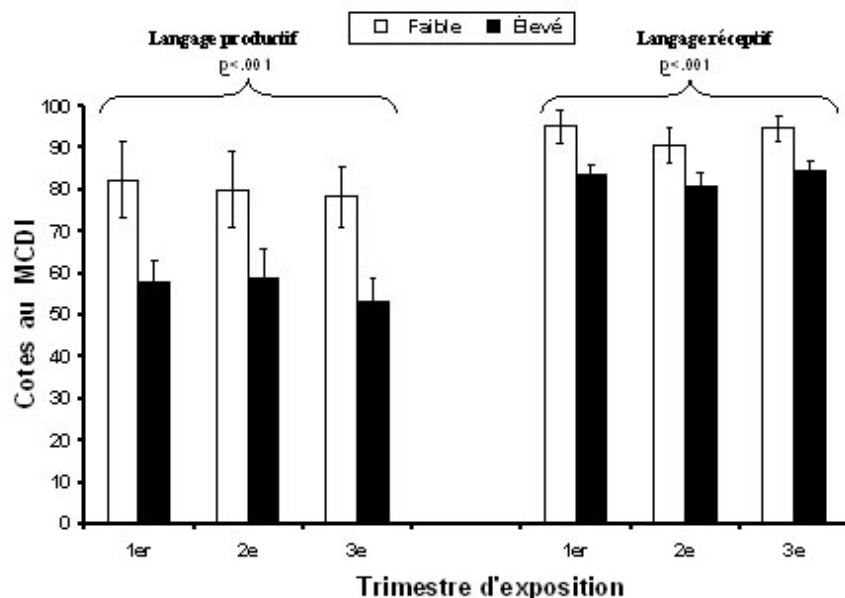


Figure 2 : Cotes moyennes au *MacArthur communicative development index* (MCDI) pour les habiletés du langage productif et réceptif à l'âge de 2 ans en fonction du niveau de stress maternel objectif et du trimestre d'exposition



qui concerne les enfants exposés lors du 3^e trimestre.

En utilisant des rapports maternels portant sur la compréhension et l'usage des mots des enfants à l'âge de 2 ans, nous observons des effets similaires qui varient en fonction de la sévérité du stress objectif, mais sans effet différentiel entre les trimestres d'exposition (figure 2). Les enfants dont la mère appartient au groupe à stress élevé utilisent, en moyenne, 20,2 mots de moins que le groupe à stress faible ($p < 0,001$), ce qui représente une différence de 30 % au niveau du vocabulaire productif. Il existe aussi un effet significatif de l'exposition au verglas sur le vocabulaire réceptif, bien qu'il n'y ait aucun effet différentiel relatif au moment d'exposition. À l'âge de deux ans, les enfants du groupe à stress élevé comprennent bien, mais utilisent en moyenne 10,5 mots de moins que le groupe à stress faible ($p < 0,001$), ce qui représente une différence de 11%.

Par ailleurs, étant donné qu'à deux ans^(b) la performance à des tâches structurées peut refléter le tempérament de l'enfant ou des caractéristiques comportementales, plutôt que des habilités purement cognitives, nous avons ajouté une tâche de jeu libre non structurée (enregistrée et codifiée par un expérimentateur ignorant le niveau de stress de la mère). L'analyse de ces résultats appuie ceux

^(b) Les enfants sont suivis afin de vérifier s'il existe un effet persistant du stress objectif de la mère sur le développement cognitif et linguistique. Des évaluations à 5 ½ ans ont d'ailleurs été complétées et des évaluations à 8 ½ ans sont actuellement en cours.



obtenus à l'échelle de Bayley : les enfants du groupe à stress élevé ont un style de jeu plus stéréotypé et moins fonctionnel que ceux du groupe à stress faible. Ces effets sont limités pour les enfants exposés durant le 1^{er} et 2^e trimestre de la grossesse (données non présentées ici). Durant le 2^e trimestre, le niveau de stress objectif explique 53,8 % de la variance en ce qui a trait au style de jeu fonctionnel, alors que le niveau de stress subjectif explique 13,6 % de variance additionnelle ($p < 0,005$), et ce, après un contrôle pour des variables confondantes (ex. poids à la naissance, nombre de complications obstétriques et niveau d'anxiété pendant la grossesse). Le SMP objectif et subjectif de la mère n'est toutefois pas significativement relié au style de jeu fonctionnel des enfants exposés durant le 3^e trimestre.

Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude suggèrent qu'un événement stressant subi pendant la grossesse peut avoir des répercussions néfastes sur le développement cognitif et linguistique de l'enfant, et cela, indépendamment des variables attribuables à la mère (ex. personnalité). Nous avons notamment

constaté que plusieurs effets sont liés au moment d'exposition pendant la grossesse, dont le 2^e trimestre en particulier, et que les répercussions du stress objectif sont plus importantes que celles du stress subjectif.

La crise du verglas au Québec en 1998 a considérablement perturbé la vie quotidienne des Québécois concernés. Cependant, l'ampleur de ce désastre était nettement moins importante que d'autres événements climatiques récents, dont les conséquences sinistres se sont traduites par des milliers de décès. Pourtant, le stress lié à la crise du verglas s'est avéré assez important pour entraîner des effets mesurables chez les enfants l'ayant vécu *in utero*. Le Projet Verglas présume donc que la crise de janvier 1998 représente un modèle à plus petite échelle (« scale model ») des désastres naturels ou de nature humaine plus importants et, conséquemment, que nos résultats peuvent être extrapolés à ces types d'événements. Similairement, nous pouvons imaginer que nos résultats s'appliqueraient aussi à certains événements personnels vécus pendant une grossesse, tels que la violence conjugale ou d'autres événements difficiles.

Le mécanisme par lequel le stress maternel affecterait la grossesse et le développement ultérieur de l'enfant est encore inconnu chez l'humain, bien que les glucocorticoïdes maternels aient fréquemment été identifiés comme tératogène possible. Bien que l'influence de ces glucocorticoïdes soit assez bien démontrée chez l'animal, les évidences de leurs effets chez l'humain sont plutôt indirectes.



Certains mécanismes ayant pu affecter le stress maternel prénatal n'ont toutefois pas été considérés dans notre projet. D'une part, il s'agit de la diminution de l'approvisionnement nutritionnel pendant une période de stress (ou les événements s'y rapportant). Aussi, nous n'avons pas évalué les participantes au sujet de leur mode d'alimentation pendant le verglas. D'autre part, la fonction thyroïdienne maternelle a également pu être perturbée à la suite d'une réaction au froid. Malheureusement, nous n'avons pas été en mesure d'effectuer de test à ce sujet. De plus, il est possible que la présence de moisissures, issue de l'humidité présente dans les maisons, ait pu affecter les femmes enceintes. Finalement, les échanges de gaz à travers le placenta ont pu être perturbés en raison du stress vécu par la mère. Ce type de test ne fait toutefois pas partie des examens de routine dans les hôpitaux. Dans l'optique des changements climatiques à l'échelle mondiale, donc la possibilité d'affecter un nombre considérable de femmes enceintes, il devient important de mieux comprendre les processus par lesquels le stress maternel affecte le développement prénatal et postnatal. Même si nous manquons de données portant sur la dynamique biologique pouvant jouer entre le stress maternel et le processus développemental de l'enfant, des recherches en cours tentent justement de déterminer si les effets du stress maternel conduisent à des dommages cérébraux

permanents et cela, à l'aide d'image par résonance magnétique (IRM). À cet effet, notre équipe est présentement dans le processus d'effectuer un tel ajout au Projet Verglas.

Références

1. Crandon, A. J. (1979). Maternal anxiety and neonatal wellbeing. *J Psychosom Res*, 23, 113-5.
2. Field, T., Sandberg, D., Quétel, T. A., Garcia, R., & Rosario, M. (1985). Effects of ultrasound feedback on pregnancy anxiety, fetal activity, and neonatal outcome. *Obstet Gynecol*, 66, 525-8.
3. Grimm, E. G. (1961). Psychological tension in pregnancy. *Psychosom Med*, 23, 520-7.
4. Paarlberg, K. M., Vingerhoets, A. J., Passchier, J., Dekker, G. A., Heinen, A. G., & van Geijn, H. P. 1999. Psychosocial predictors of low birthweight: a prospective study. *Br J Obstet Gynaecol*, 106(8), 834-41.
5. Paarlberg, K. M., Vingerhoets, A. J., Passchier, J., Dekker, G. A., & Van Geijn, H. P. (1995). Psychosocial factors and pregnancy outcome: a review with emphasis on methodological issues. *J Psychosom Res*, 39(5), 563-95.
6. Huttenen, M. O., & Niskanen, P. (1978). Prenatal loss of father and psychiatric disorders. *Arch Gen Psychiatry*, 35, 429-1.
7. van Os, J. and Seltén, J-P. (1998). Prenatal exposure to maternal stress and subsequent schizophrenia. The May 1940 invasion of The Netherlands. *Br J Psychiatry*, 172, 324-6.
8. Lou, H. C., Hansen, D., Nordentoft, M., Pryds, O., Jensen, F., Nim, J., et al. (1994). Prenatal stressors of human life affect brain development. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 36, 826-32.
9. Glynn, L. M., Wadhwa, P. D., Dunkel Schetter, C., Chicz-Demet, A., & Sandman, C. A. (2001). When stress happens matters: Effects of earthquake timing on stress responsivity in pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*, 184, 637-42.
10. Huizink, A. C., Mulder, E. J., & Buitelaar, J. K. (2004). Prenatal stress and risk for psychopathology: specific effects or induction of general susceptibility? *Psychol Bull*, 130(1), 115-42.
11. O'Connor, T. G., Heron, J., Golding, J., Beveridge, M., & Glover, V. (2002). Maternal antenatal anxiety and children's behavioural/emotional problems at 4 years. *Br J Psychiatry*, 180, 502-8.
12. O'Connor, T. G., Heron, J., Golding, J., Glover, V., & Team, A. S. (2003). Maternal antenatal anxiety and behavioural/emotional problems in children: A test of a programming hypothesis. *J Child Psychol Psychiatry*, 44, 1025-36.
13. Schneider, M. L. (1992). Delayed object permanence development in prenatally stressed rhesus monkey infants (Macaca mulatta). *Occup Therapy J Res*, 12(2), 96-110.
14. Watson, J. B., Mednick, S. A., Huttunen, M., & Wang, X. 1999. Prenatal teratogens and the development of adult mental illness. *Dev Psychopathol*, 11(3), 457-66.
15. Andreason, N. C. (1999). A unitary model of schizophrenia: Bleuler's «fractured phre» as schizencephaly. *Arch Gen Psychiatry*, 56, 781-7.
16. Weinberger, D. R. (1995). Schizophrenia as a neurodevelopmental disorder. In S. R. Hirsch & D. R. Weinberger (Eds.), *Schizophrenia*. Oxford: Blackwell Science.
17. Schneider, M. L., Roughton, E. C., Koehler, A. J., & Lubach, G. R. (1999). Growth and development following prenatal stress exposure in primates: An examination of ontogenetic vulnerability. *Child Dev*, 70, 263-74.
18. Brunet, A., St-Hilaire, A., Jehel, L., & King, S. (2003). Validation of a French Version of the Impact of Event Scale - Revised. *Can J Psychiatry*, 48, 55-60.
19. Weiss, D. S., & Marmar, C. R. (1997). *The Impact of Event Scale - Revised*. New York: Guilford.
20. Laplante, D. P., Barr, R. G., Brunet, A., Galbaud du Fort, G., Meaney, M., Saucier, J.-F., et al. (2004). Stress during pregnancy affects intellectual and linguistic functioning in human toddlers. *Pediatr Res*, 56, 400-10.
21. Laplante, D. P., Zelazo, P. R., Brunet, A., & King, S. Functional play at 2 years of age: Effects of prenatal maternal stress. *Infancy*. (in press); 12(1), 1-25.





INTOXICATIONS PAR PRODUITS DOMESTIQUES ET MÉDICAMENTS CHEZ L'ENFANT

LYSE LEFEBVRE⁽¹⁾

Les enfants sont fréquemment victimes d'intoxication et ce, en dépit des mesures préventives retrouvées sur le marché, tels les dispositifs à l'épreuve des enfants pour les médicaments, les emballages sécuritaires de plusieurs produits domestiques ainsi que l'information améliorée sur les produits devant être gardés hors de la portée des enfants. En 2005, plus du tiers des appels reçus au Centre Anti-poison du Québec (CAPQ), soit 18 134 intoxications, concernaient des expositions chez des enfants de moins de 6 ans.

Plus de 92 % des expositions rapportées chez les jeunes enfants sont accidentelles, mais on rapporte aussi un nombre non négligeable d'erreurs thérapeutiques lors de l'administration de médicaments. En 2005, 1 171 erreurs thérapeutiques ont été signalées au CAPQ, ce qui représente 6,5 % de toutes les intoxications pour ce groupe d'âge.

Les enfants qui sont le plus à risque d'intoxication sont les petits âgés de 1 à 3 ans qui ont été victimes de 10 708 intoxications en 2005, soit 60 % de toutes les intoxications rapportées chez les moins de 6 ans.

Le tableau 1 (page suivante) montre la répartition des intoxications selon l'âge chez les jeunes enfants. Les garçons, en raison de leurs comportements plus turbulents, sont plus fréquemment victimes d'intoxications accidentelles que les filles. Les statistiques démontrent qu'ils représentent 54 % des intoxications rapportées pour les moins de 6 ans en 2005.

Cependant, en dépit du nombre important d'incidents rapportés, la majorité des intoxications pédiatriques ne s'avèrent que peu ou pas toxiques et entraînent peu de morbidité et de mortalité. En effet, 82 % des événements rapportés au CAPQ pour ce groupe d'âge ne requièrent aucun traitement. De plus, parmi les enfants ayant nécessité une intervention, 80 % ont pu être traités à domicile.

Les produits d'usage domestique et les médicaments sont impliqués dans 51 % et 46 % respectivement des intoxications pédiatriques¹.

Intoxications par les produits domestiques

Produits de nettoyage

Les produits domestiques les plus fréquemment rencontrés lors d'intoxications pédiatriques sont évidemment ceux qu'on retrouve naturellement dans l'environnement de l'enfant, soient les produits de nettoyage domestiques,



les cosmétiques et produits de soins personnels, les plantes d'intérieur ou d'extérieur selon la saison.

Les produits de nettoyage domestiques de toutes sortes sont la première cause d'intoxication non médicamenteuse chez l'enfant de moins de 6 ans. En 2005, 2 394 expositions accidentelles à ces produits ont été rapportées pour des enfants de ce groupe d'âge dont plus de 55 % sont survenues chez des enfants de moins de 2 ans¹. Beaucoup de ces expositions surviennent alors que l'enfant s'amuse près de l'adulte qui en a la charge. Par exemple, bébé met les doigts dans le compartiment de savon du lave-vaisselle et les porte à sa bouche; il s'amuse avec le vaporisateur de nettoyeur tout usage et reçoit un jet dans le visage et dans la bouche; il boit un peu de savon à lessive du contenant qui était dans la poubelle. On estime que ce type de comportement main-bouche se produit jusqu'à 10 fois l'heure chez le jeune enfant².

Parmi les produits de nettoyage usuels, les savons à vaisselle et les détergents pour les vêtements sont le plus souvent mis en cause. Ces produits contiennent pour la plupart des détergents anioniques et non

⁽¹⁾Pharmacienne, Direction de la toxicologie humaine, Institut national de santé publique du Québec, 945, avenue Wolfe, Québec (Québec) G1V 5B3. Téléphone: 418-650-5115, poste 4645; télécopieur: 418-654-2148. Courriel: lyse.lefebvre@inspq.qc.ca.



ioniques dont la toxicité est essentiellement locale pouvant entraîner une irritation des yeux et des muqueuses lors d'exposition locale ou des nausées et vomissements lors d'ingestion³. On se contentera donc de nettoyer la peau et/ou les yeux avec de l'eau lors d'un contact avec ces produits. En cas d'ingestion, on recommandera de ne pas donner de liquides ou d'aliments dans l'heure qui suit l'exposition afin d'éviter que l'enfant ne vomisse. En cas de vomissements, on surveillera l'apparition de symptômes comme la toux qui pourrait signaler une pneumonie chimique suite à l'aspiration du produit moussant. L'expérience du CAPQ montre que plus de 95% de ces expositions n'entraînent que des effets minimaux sans conséquences pour la santé de l'enfant.

La plupart des détergents pour lave-vaisselle sont alcalins avec des pH de 10.5 à 12.5. Les nettoyeurs liquides ont généralement un pH plus élevé que les formes granulaires. Ces produits peuvent être irritants ou corrosifs selon leur composition, leur concentration, leur forme physique, la durée de l'exposition et leur viscosité³. Les symptômes de l'exposition peuvent varier de l'irritation légère à

des brûlures sévères. Chez les jeunes enfants, la plupart des expositions aux détergents pour lave-vaisselle rapportés au CAPQ n'ont entraîné aucun symptôme grave, probablement en raison de la durée d'exposition qui est généralement très courte.

L'eau de Javel domestique contient entre 4 et 6 % d'hypochlorite de sodium. À cette concentration, l'exposition ne cause que des symptômes mineurs d'irritation cutanée, oculaire ou digestive selon la voie d'exposition.

Les désinfectants et les nettoyeurs tout usage peuvent contenir des solvants ou des corrosifs. Lorsqu'ingérés en grande quantités, ils peuvent causer, outre les brûlures, des symptômes tels qu'acidose métabolique, dépression du système nerveux central (SNC), pneumonie d'aspiration ou dommages hépatiques et rénaux⁴. Les nettoyeurs pour le four contiennent pour la plupart de l'hydroxyde de sodium et le contact, même bref, peut entraîner des brûlures.

Cosmétiques et produits de soins personnels

Les produits de soins personnels et les cosmétiques sont souvent laissés

à la portée des enfants. Par exemple, l'enfant boit du shampoing laissé près de la baignoire ou veut imiter maman en appliquant du rouge à lèvres ou de la crème pour le visage.

La plupart des produits de maquillage comme les crèmes, fards, vernis à ongles ou rouges à lèvres ne sont que peu ou pas toxiques. Cependant, les eaux de Cologne, les parfums et les gargarismes contiennent des concentrations d'éthanol pouvant aller jusqu'à 70 % et peuvent causer des symptômes d'ébriété et de dépression du SNC lorsqu'ingérés par un jeune enfant.

À noter aussi parmi les produits de soins personnels susceptibles d'entraîner une intoxication grave voire mortelle, les dissolvants à vernis à ongle sans acétone qui peuvent contenir du méthanol, un alcool toxique qui peut entraîner le décès après ingestion d'aussi peu que 0,5 ml/kg³.

Enfin, les shampoings sont des irritants du tractus gastro-intestinal qui peuvent causer des nausées et des vomissements.

Plantes

Des 1 039 expositions à des plantes d'intérieur ou d'extérieur surveillées chez les enfants de 0-5 ans en 2005, 549 (soit plus de 52 %) impliquaient des enfants de moins d'un an. En effet, les plantes d'intérieur sont souvent les premiers objets que l'on retrouve dans l'environnement du bébé laissé dans une marchette ou qui commence à ramper. Le nombre d'intoxications diminue rapidement par la

Tableau 1. Répartition des intoxications selon l'âge

| ÂGE (ANS) | NOMBRE D'INTOXICATIONS | POURCENTAGE (%) |
|-----------|------------------------|-----------------|
| 0 à 1 | 2 588 | 14,27 |
| 1 à 2 | 5 361 | 29,56 |
| 2 à 3 | 5 347 | 29,49 |
| 3 à 4 | 2 800 | 15,44 |
| 4 à 5 | 1 289 | 7,11 |
| 5 à 6 | 749 | 4,13 |



suite, se situant à 253 entre 1 et 2 ans, 117 de 2 à 3 ans, 64 de 3 à 4 ans et 34 de 4 à 5 ans. Bien que bon nombre de ces incidents n'entraînent que peu ou pas de symptômes et se limitent souvent à une irritation digestive, certaines plantes peuvent entraîner des symptômes graves. En 2005, 34 enfants ont dû être traités en milieu hospitalier¹.

Parmi les plantes d'intérieur fréquemment retrouvées dans les foyers québécois, plusieurs tel le, le bégonia (*Begonia Rex*), l'oreille d'éléphant (*Alocasia*), le *Philodendron* et le lys de paix (*Spathyphyllum*) contiennent des oxalates et peuvent causer des brûlures de la bouche et de la gorge. Le cerisier de Jérusalem (*Solanum Pseudocapsicum*) contient de la solanine responsable de nausées, vomissements, hypersalivation, bradycardie et paresthésies. L'hydrangée (*Hydrangea*) contient des glycosides cyanogènes alors que l'azalée (*Rhododendron*) et le laurier-rose (*Nerium Oleander*) peuvent entraîner des symptômes cardiotoxiques. Dans le cas de ce dernier, une seule feuille pourrait entraîner le décès d'un adulte⁵. De nombreuses plantes dont l'*Amaryllis*, le croton (*Codiaeum variegatum*), le houx (*Ilex aquifolium*) et le piment décoratif (*Capsicum annum*) peuvent aussi entraîner des symptômes digestifs ou des dermatites^{5,6}.

L'intoxication par les plantes chez les jeunes enfants est facilement évitable en retirant les plantes de l'environnement immédiat de l'enfant. Une sage précaution consiste à s'assurer de connaître le nom des plantes que l'on possède

afin de faciliter l'évaluation du risque lors d'ingestion accidentelle.

Pesticides

Les pesticides constituent la 5^e cause d'intoxication non médicamenteuse chez l'enfant après l'ingestion de corps étrangers. Les données du CAPQ pour 2005 font état de 439 cas dont plus de 75 % sont consécutifs à des ingestions accidentelles¹.

Ce sont les organophosphorés qui sont le plus souvent mis en cause. Ces insecticides qu'on retrouve dans de nombreux produits pour maisons et jardins peuvent être absorbés tant par voie cutanée que par voie orale. Ils peuvent entraîner des effets cholinergiques tels myosis, hypersalivation, incontinence, bradycardie et dans les cas sévères, coma, convulsions, dépression respiratoire et arythmies. Les intoxications graves sont cependant rares⁷.

Intoxications médicamenteuses

Des enfants de moins de 6 ans ont été impliqués dans 8 354 intoxications rapportées au CAPQ en 2005. Contrairement aux intoxications par les produits domestiques qui sont essentiellement accidentelles, les intoxications médicamenteuses ne sont accidentelles que dans 75 % des cas. En effet, 1 571 de ces cas étaient dus à des erreurs thérapeutiques, ce qui représente plus de 15 % des intoxications médicamenteuses pédiatriques¹.

Ces erreurs d'administration des médicaments sont très souvent dues à un manque d'attention ou

de compréhension de la dose à administrer résultant dans l'absorption de doses supra-thérapeutiques. Elles peuvent aussi résulter d'un manque de communication entre les différentes personnes responsables de l'enfant entraînant la répétition d'une dose déjà administrée.

En 2005, 1 555 enfants de 0 à 5 ans intoxiqués par médicaments ont consulté en milieu hospitalier.

Analgésiques, antipyrétiques, anti-inflammatoires

Les analgésiques, antipyrétiques, anti-inflammatoires sont la première cause d'intoxication chez l'enfant de moins de 6 ans. En 2005, l'acétaminophène a entraîné à lui seul 1 857 intoxications pédiatriques, dont plus de 20 % sont dues à des erreurs thérapeutiques¹. L'intoxication aiguë par l'acétaminophène peut entraîner des dommages hépatiques à des doses supérieures à 200 mg/kg, ce qui correspond à aussi peu que quatre comprimés de 500 mg pour un enfant de 2 ans qui pèse 10 kg. Il est important de noter que, chez l'enfant, les dommages hépatiques sont plus susceptibles de survenir consécutivement à un surdosage chronique qu'après une dose élevée unique⁷. Pour la même période, l'ibuprofène était responsable de 914 intoxications dont 15% étaient consécutives à des erreurs d'administration¹. Généralement peu toxique, l'ibuprofène peut entraîner des effets néphrotoxiques à doses très élevées mais chez l'enfant, les symptômes observés sont principalement dus à l'irritation digestive (nausées, vomissements)³.



Médicaments pour la peau et les muqueuses

Cette catégorie de médicaments regroupent tous les produits dermatologiques, les gouttes et onguents ophtalmiques et otiques ainsi que les antisudorifiques. Bien que responsables de nombreux incidents, la majorité de ces produits n'entraînent pas de conséquences graves chez les enfants exposés. Les produits pour l'érythème fessier contenant de l'oxyde de zinc, non toxique, comptent pour plus de 15 % des intoxications par les produits pour peau et muqueuses. Par contre, l'alcool à friction contenant la plupart du temps de l'isopropanol peut, en surdosage, entraîner la dépression du SNC, le coma et l'arrêt respiratoire³.

Médicaments contre la grippe

Les médicaments contre la grippe peuvent contenir des antihistaminiques, décongestionnants, antitussifs, expectorants ainsi que des antipyrétiques comme l'acétaminophène ou l'ibuprofène. Ils sont disponibles sous formes de comprimés, comprimés à croquer, sirops et même sucettes agréables au goût qui les rendent particulièrement attrayants pour les tout-petits et augmentent la possibilité d'ingestion de quantités significatives et le risque d'intoxication grave. Les sirops contenant des antitussifs narcotiques recèlent un potentiel élevé de dépression respiratoire et sont particulièrement dangereux pour les jeunes enfants, même à des doses légèrement plus élevées que les doses thérapeutiques.

En 2005, on a rapporté 977 intoxications par des médicaments contre le rhume chez les enfants de moins de 6 ans dont plus de 36 % sont dues à des erreurs thérapeutiques¹. Une fois de plus, la vigilance des personnes responsables de l'enfant pourrait éviter bon nombre d'expositions à des doses supra-thérapeutiques de médicaments.

Vitamines et minéraux

Les vitamines et minéraux et plus particulièrement les multivitamines sont la cause de nombreuses ingestions accidentelles chez l'enfant. Des 627 intoxications rapportées au CAPQ en 2005 pour les 0-5 ans, plus de 96 % n'ont nécessité aucun traitement ou ont pu être traités à domicile¹. En effet, à l'exception des vitamines contenant du fer ou du fluor, ces composés ne sont habituellement que peu ou pas toxiques lors d'ingestion aigue unique. Les vitamines liposolubles (A, D, E, K) pourraient théoriquement être toxiques mais l'expérience montre qu'en surdosage aigu, la dose ingérée doit être extrêmement élevée pour entraîner des symptômes d'intoxication, situation extrêmement rare lors d'ingestion accidentelle chez le jeune enfant. Par contre, les comprimés de fer ou les multivitamines avec fer peuvent entraîner des intoxications graves et constituent une des causes importantes de décès par intoxication chez l'enfant⁷. Les vitamines prénatales contiennent des quantités importantes de fer et sont fréquemment mises en cause lors d'intoxications pédiatriques.

Des poisons mortels

Les caractéristiques des intoxications diffèrent significativement chez les jeunes enfants comparativement aux expositions chez les adolescents et les adultes. La plupart des expositions sont non toxiques parce que l'intention est essentiellement exploratoire plutôt qu'intentionnelle⁸. Il en résulte que la quantité ingérée est la plupart du temps minime limitant ainsi les conséquences de ces intoxications accidentelles.

Certains auteurs parlent de la règle de « un comprimé » selon laquelle, une dose thérapeutique adulte ne devrait pas produire de symptômes significatifs d'intoxication chez un enfant⁹. Par exemple, un enfant de 2 ans pesant 10 kg devrait ingérer environ 10 comprimés de sulfate ferreux 325 mg avant de présenter des symptômes d'intoxication par le fer mettant sa vie en danger. Bien que cette règle soit vraie pour la plupart des expositions accidentelles chez l'enfant, certains agents peuvent entraîner une intoxication possiblement mortelle après ingestion d'aussi peu qu'un ou deux comprimés ou gorgées⁸.

Les bloqueurs du canal calcique, utilisés pour le traitement de plusieurs conditions médicales comme l'hypertension, l'angine, les arythmies supra-ventriculaires et la prévention des migraines, même s'ils n'ont été impliqués que dans 14 intoxications chez les moins de 6 ans en 2005, ont nécessité l'hospitalisation de 10 d'entre eux¹. Plusieurs autres médicaments, comme les antidépresseurs tricycliques, les



sulfonylurées utilisés dans le traitement du diabète, les salicylés (aspirine et dérivés), les analgésiques narcotiques comme la morphine et la codéine, l'antidiarrhéique diphénoxylate (Lomotil®) ainsi que la clonidine, un antihypertenseur, qu'on utilise de plus en plus dans le traitement des troubles de déficit de l'attention et de l'hyperactivité chez l'enfant, sont tous des médicaments susceptibles de causer des intoxications graves à la suite de l'ingestion d'aussi peu qu'un ou deux comprimés.

Le camphre est aussi un ingrédient qu'on retrouve dans plusieurs produits sans ordonnance comme des liniments et les carrés de camphre utilisés, encore de nos jours, pour prévenir ou traiter les symptômes du rhume. Un petit carré de camphre pèse 15 g et une cuillerée à thé d'huile camphrée 20 % contient 1 g de camphre. Aussi peu que 1 g de camphre s'est avéré fatal pour un enfant de 19 mois^{3,10}. Le camphre étant absorbé, non seulement par ingestion, mais aussi par inhalation et par voie cutanée, il est facile d'imaginer à quel point l'usage de ce produit chez l'enfant est dangereux.

Les alcools toxiques, particulièrement le méthanol et l'éthylène glycol sont extrêmement toxiques à faible dose et même si plusieurs expositions à ces substances s'avèrent non significatives en raison de la surestimation de la quantité ingérée, toute exposition à ces produits doit être considérée sérieuse en raison du potentiel toxique des produits en cause.

Le combustible à fondue, le lave-glace pour vitres d'automobile, les dégivreurs de conduites d'essence ou les dégivreurs de serrures contiennent également de fortes concentrations de méthanol. Ce dernier peut entraîner des symptômes d'intoxication sévère incluant cécité, coma et acidose métabolique à la suite de l'ingestion d'aussi peu que 0,25 ml/kg, des décès étant survenus à la suite de l'ingestion de 0,5 ml/kg de méthanol pur³.

La dose létale de l'éthylène glycol (antigel de radiateur) est estimée à 1,4 ml/kg et des décès ont été rapportés après ingestion de 30 à 60 ml³. L'éthylène glycol peut entraîner le coma, l'acidose métabolique et l'insuffisance rénale.

Conclusion

Les intoxications chez les jeunes enfants sont très fréquentes. Même si la plupart d'entre elles sont mineures et n'ont que peu ou pas de conséquences pour la santé de l'enfant, la possibilité que le produit ingéré soit très toxique ne peut être écartée.

« Tenir hors de portée des enfants » est une recommandation essentielle en matière de prévention des intoxications mais elle s'avère souvent insuffisante. En effet, environ la moitié des intoxications accidentelles surviennent alors que le produit était utilisé au moment de l'ingestion ou avait récemment été déplacé de son endroit habituel d'entreposage⁸.

Les intoxications par des médicaments se retrouvant dans le sac à

main d'un visiteur ou alors que l'enfant est confié à la garde des grands-parents, moins habitués à la présence des enfants dans leur maison et qui peuvent laisser des médicaments à la portée des tout-petits, sont tellement fréquentes que ce phénomène a été nommé *Granny Syndrome*¹¹.

Il faut aussi se méfier des contenants à l'épreuve des enfants. En effet, plusieurs petits débrouillards ont suffisamment de dextérité pour ouvrir ces contenants.

Enfin, plusieurs erreurs thérapeutiques pourraient être évitées par une meilleure communication entre les différentes personnes responsables de l'enfant et par une vérification attentive de la posologie avant l'administration d'un médicament.

Références

1. Centre antipoison du Québec, Statistiques d'intoxication chez les enfants de 0 à 5 ans, non publié.
2. Reed KJ, Jimenez M, Freeman NC, Liroy PJ. (1999). Quantification of children's hand and mouthing activities through a videotaping methodology. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. Sep-Oct;9(5):513-20.
3. Klasco RK (Ed): POISINDEX® System. Thomson Micromedex, Greenwood Village, Colorado, vol 131, (Edition expires March 2007).
4. Riordan M, Rylance G, Berry K. (2002). Poisoning in children 4: household products, plants, and mushrooms. *Arch Dis Child*. Nov; 87(5):403-6.
5. Dart RC. (ed). (2004). *Medical toxicology*, 3rd ed., Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 1665-1752
6. Olson, KR (ed). (2004). *Poisoning & Drug Overdose*, 4th edition, New York: Appleton & Lange, pp.309-19
7. Bates N, Edwards N, Roper J, Volans G (eds) (1997). *Paediatric Toxicology, Handbook of Poisoning in Children*, New York: Stockton Press, 541 p.
8. Michael JB, Sztajnkrzyer MD. (2004). Deadly pediatric poisons: nine common agents that kill at low doses. *Emerg Med Clin North Am*. Nov; 22(4):1019-50.
9. Tenenbein M. (2000). Poisoning pearls regarding the very young. *Clin Pediatr Emerg Med*, 1; 176-179.
10. Phelan WJ (1976). III: Camphor poisoning: over the counter dangers. *Pediatrics*, 57:428-431.
11. McFee RB, Caraccio TR. (2006). «Hang Up Your Pocketbook» — an easy intervention for the granny syndrome: grandparents as a risk factor in unintentional pediatric exposures to pharmaceuticals. *J Am Osteopath Assoc*. Jul; 106(7):405-11.

LA MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU RISQUE TOXICOLOGIQUE ET LA SANTÉ DES ENFANTS

DENIS BELLEVILLE, STÉPHANE BUTEAU ET MATHIEU VALCKE⁽¹⁾

Introduction

Les impacts potentiels de l'omniprésence de contaminants dans l'environnement sur la santé de la population constituent une préoccupation importante en santé publique. L'évaluation de ces impacts représente un défi de taille pour les intervenants. La méthodologie de l'évaluation du risque toxicologique a été développée à partir des années 1980 en tant qu'outil permettant d'apprécier les impacts de l'exposition aux contaminants de l'environnement sur la santé de la population. Cette méthodologie a été utilisée pour évaluer la sécurité des produits et les impacts de nouveaux projets industriels, pour établir des critères et des normes ou pour valider certains niveaux d'exposition permis par règlements. Par ailleurs, au cours des dernières décennies, les effets de l'exposition des enfants aux contaminants de l'environnement sont devenus une source d'inquiétude majeure. L'intérêt lié à la vulnérabilité particulière des enfants aux agents environnementaux est manifeste dans le rapport du NRC (National Research Council),

intitulé *Pesticides in the Diet of Infants and Children*¹, dans lequel on recommande l'élaboration d'une nouvelle approche d'évaluation du risque tenant compte de la spécificité des enfants lors de l'évaluation des impacts potentiels de leur exposition aux contaminants environnementaux. Les enfants ne doivent pas être considérés comme de petits adultes et ce constat doit transparaître dans une approche originale de l'évaluation du risque où l'estimation de l'exposition basée principalement sur les caractéristiques de l'adulte doit évoluer afin de tenir compte de la sensibilité variable selon les différentes étapes du développement¹.

Traditionnellement, la méthodologie de l'évaluation du risque comprend les quatre étapes suivantes : l'identification du danger, la définition des relations dose-réponse, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation du risque. Ce sont lors des étapes de l'évaluation de l'exposition et de la définition des relations dose-réponse que l'on retrouve les ajustements méthodologiques spécifiques qui prennent en compte la protection de la santé des enfants. En effet, la plus grande susceptibilité des enfants aux contaminants environnementaux par rapport à celle des adultes résulte d'une exposition plus importante attribuable à leurs caractéristiques anthropométriques et



physiologiques particulières ainsi qu'à certains comportements caractéristiques. Aussi, à l'étape de la définition des relations dose-réponse, des VTR (valeurs toxicologiques de référence) sont définies pour les différentes substances. Les VTR proviennent d'études réalisées occasionnellement chez l'humain mais, le plus souvent, chez l'animal. Dans les deux cas, elles sont effectuées généralement chez des individus adultes, si bien que les VTR qui en découlent peuvent, dans certaines circonstances, ne pas tenir compte adéquatement de la sensibilité particulière de groupes d'individus. Nous examinerons donc comment la spécificité des enfants est prise en compte lors de ces deux étapes de l'évaluation du risque toxicologique.

L'évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition est une étape de la démarche d'évaluation de risque qui vise à calculer les doses auxquelles les personnes sont exposées. Plusieurs paramètres doivent être considérés lors de l'estimation quantitative de l'exposition. Puisque la valeur de ces paramètres est variable en fonction de l'âge, des classes d'âge sont définies afin de permettre une

⁽¹⁾ Unité Santé et environnement, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec, 190, boul. Crémazie Est, Montréal (Québec) H2P 1E2. Téléphone : 514-864-1600, poste 3205; télécopieur : 514-864-7646. Courriel : Denis.belleville@inspq.qc.ca.



meilleure estimation de l'exposition. Les cinq classes d'âge retenues dans les *Lignes directrices (Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine)* du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS)² sont présentées dans le tableau 1.

N'étant pas formulée clairement, la définition du terme « enfant » peut varier selon les auteurs. Dans la démarche d'évaluation du risque toxicologique énoncée dans les *Lignes directrices*², le terme « enfant », à son sens large, inclut les trois premières classes d'âge (nourrissons, tout-petits et enfants). Les paramètres déterminés pour ces trois classes d'âge le sont en fonction des caractéristiques physiologiques et comportementales des moins de douze ans afin de traduire les différences qualitatives et quantitatives de l'exposition des enfants aux contaminants de l'environnement.

Plusieurs auteurs rapportent qu'en plus d'ingérer plus d'eau et de sol que les adultes et de consommer une plus grande quantité d'aliments qu'eux, les enfants inhalent un volume d'air deux fois supérieur à celui des adultes par rapport à leur poids^{3, 4, 5}.

Le tableau 2 présente les valeurs des différents paramètres des *Lignes directrices*², selon la classe d'âge. Ces valeurs sont exprimées en fonction de la masse corporelle. On constate que les paramètres qui concernent les moins de 5 ans sont les plus élevés. Les nourrissons (< 0,5 an) présentent les plus

importants taux d'ingestion d'aliments et d'eau potable par rapport à leur poids corporel. Quant aux tout petits (0,5 à < 5 ans), leurs taux d'ingestion de sol et d'inhalation d'air sont supérieurs à ceux des autres classes d'âge. Lorsque l'on compare les taux des adultes avec ceux des enfants, les écarts les plus importants sont observés entre les différents taux d'ingestion de sol et d'aliments ainsi qu'entre les taux d'inhalation d'air.

Les enfants ingèrent, en fonction de leur poids corporel, plus d'aliments que les adultes et ils mangent davantage de fruits, de légumes et de produits laitiers^{4,6}. Il existe des différences entre l'alimentation des adultes et celle des enfants qui influencent qualitativement l'exposition des deux groupes aux contaminants présents dans la nourriture⁷. En plus de disposer d'un menu davantage varié, les adultes ne consomment pas les mêmes aliments que les enfants⁷. La

Tableau 1. Classes d'âge retenues par le MSSS lors de l'évaluation du risque toxicologique à la santé humaine

| CLASSES D'ÂGE | INTERVALLE DES CLASSES D'ÂGE |
|---------------|------------------------------|
| Nourrissons | < 0,5 ans |
| Tout-petits | 0,5 à <5 ans |
| Enfants | 5 à <12 ans |
| Adolescents | 12 à <20 ans |
| Adultes | 20 ans et plus |

Tableau 2. Valeurs des paramètres des *Lignes directrices*² québécoises pour les différentes classes d'âge lors de l'évaluation de l'exposition aux contaminants

| PARAMÈTRES (UNITÉS) | CLASSES D'ÂGE | | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| | Nourrissons | Tout-petits | Enfants | Adolescents | Adultes |
| | < 0,5 an | 0,5 à < 5 ans | 5 à < 12 ans | 12 à < 20 ans | 20 ans et plus |
| Masse corporelle (kg) | 8,2 | 16,5 | 32,9 | 59,7 | 70,7 |
| Taux d'ingestion de sol et de poussières intérieures (mg/j/kg) | 2,44 | 9,09 | 1,06 | 0,34 | 0,28 |
| Taux d'ingestion d'air (m ³ /j/kg) | 0,55 | 0,56 | 0,44 | 0,26 | 0,22 |
| Taux d'ingestion d'eau potable (l/j/kg) | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Taux d'ingestion d'aliments (kg/j/kg) | 0,102 | 0,086 | 0,055 | 0,035 | 0,031 |



diversité de l'alimentation limite les chances d'ingérer en grande quantité un aliment qui serait contaminé. La classe d'âge des nourrissons (< 0,5 ans) a la particularité de se nourrir essentiellement de lait de formule ou de lait maternel. Ce dernier peut représenter une source d'exposition à des contaminants ingérés à l'origine par la mère qui s'accumulent dans les tissus adipeux et dans le lait maternel^{8,9}. C'est pourquoi une méthodologie spécifique pour estimer les doses d'exposition attribuables à l'ingestion de lait maternel par les nourrissons a été développée.

En ce qui concerne l'inhalation, les taux exprimés en fonction du poids sont deux fois plus élevés chez les enfants, ce qui se traduit par une exposition par inhalation supérieure chez ces derniers. Cependant, certaines spécificités de l'enfant ne sont pas prises en compte. En effet, de par leur faible taille, les enfants se retrouvent physiquement plus près du sol que les adultes: généralement, les nourrissons et les tout-petits jouent directement sur le sol, sur l'herbe ou sur le plancher. Par ailleurs, la ventilation près du sol a tendance à être faible, laissant présumer que l'air inhalé par les enfants pourrait être de moindre qualité. Habituellement, les échantillons servant à mesurer la qualité de l'air sont prélevés à une hauteur de six pieds au-dessus du sol (hauteur à laquelle les adultes inhalent l'air). Par conséquent, ces mesures ne reflètent pas nécessairement de façon adéquate l'exposition des enfants aux contaminants¹⁰.

Les adultes, au même titre que les enfants, peuvent ingérer des poussières intérieures ou encore des particules de sol à la suite d'un contact accidentel des mains avec la bouche. Toutefois, ce type de comportement est beaucoup plus fréquent chez les jeunes enfants comme l'illustrent les valeurs du tableau 2. Ces taux d'ingestion plus élevés de poussières et de sol sont attribuables au fait que les bambins ont tendance à porter souvent les mains et les objets à leur bouche et que leurs activités les mettent en contact avec le sol. Ce type de comportement est communément décrit par le vocable « comportement main bouche ». Il influence à la hausse non seulement l'exposition par ingestion de sol et de poussières, mais aussi les autres sources d'exposition non alimentaires. Ainsi, l'exposition des jeunes enfants aux pesticides utilisés, soit pour usage domestique, soit pour usage agricole, peut être significative, essentiellement en raison de la fréquence élevée à laquelle ils portent les objets ou les mains à la bouche et au fait que leurs activités les mettent en contact direct avec les surfaces traitées ou contaminées^{11,12,13,14}. Les paramètres des *Lignes directrices*² ne permettent pas une estimation complète de l'exposition attribuable à ces particularités comportementales des enfants. De ce fait, dans les deux évaluations du risque toxicologique réalisées par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du VNO (virus du Nil occidental)^{15,16},

deux sources d'expositions additionnelles ont été considérées pour le groupe d'âge 0,5 à 4 ans : l'ingestion de gazon et l'exposition résultant du « comportement main-bouche ». Ces scénarios particuliers d'exposition ont été élaborés conformément aux procédures décrites par l'OPP (*Office of Pesticides Programs*)¹⁷. À titre de taux de contact main-bouche, la fréquence de 9,5 contacts par heure a été retenue dans l'évaluation du risque de l'INSPQ de 2005 conformément aux taux de contact main-bouche chez les 2 à 6 ans déterminés par les travaux de Reed *et al.*¹⁴. Il en résulte que selon les scénarios d'exposition aiguë et sous chronique élaborés dans cette évaluation, les classes d'âge les plus exposées étaient, dans l'ordre, les tout-petits (0,5 à < 5 ans), les nourrissons (< 0,5 ans), les enfants (5 à < 12 ans), les adolescents (12 à < 20 ans) et les adultes (20 ans et plus). Pour la classe d'âge des 0,5 à < 5 ans, l'ingestion représentait la voie d'exposition la plus importante. En ce qui concerne les nourrissons, les deux principales voies d'exposition étaient l'ingestion et l'absorption cutanée.

À cause de leurs contacts fréquents avec le sol, les enfants sont davantage exposés aux contaminants du sol et aux poussières par la voie cutanée. Le rapport entre la surface corporelle et le poids des enfants, rapport supérieur à celui des adultes, influence également l'exposition par contact cutané¹⁸. La charge de sol adhérent à la peau est indirectement fonction de l'âge puisqu'elle dépend des activités pratiquées. Dans un même ordre



d'idées, Sedman¹⁹ a proposé une équation pour estimer la charge de sol sur la peau en fonction de l'âge. Le taux de contact cutané entre le sol extérieur et la peau suggéré dans les récentes directives de l'EPA²⁰ pour l'estimation de l'exposition par voie cutanée, est de 0,2 mg/cm² pour les tout-petits et les enfants (0,5 à 12 ans) alors qu'il est de 0,007 mg/cm² pour les classes d'âge supérieures. Non seulement les enfants sont plus fréquemment en contact avec le sol que les adultes lors d'activités extérieures, mais ils passent aussi deux fois plus de temps à l'extérieur. Les valeurs du temps passé quotidiennement à l'extérieur proposées dans les *Lignes directrices*² sont respectivement de 1,4 heure pour les adultes et de 2,8 heures pour les enfants.

L'âge est un facteur déterminant de l'absorption cutanée. En effet, des études ont démontré que le vieillissement de la peau était associé à la diminution de l'hydratation de la couche cornée et que la réduction de la quantité de lipides dans la peau était attribuable à une réduction de l'activité des glandes sébacées, ce qui diminue les capacités d'absorption de la peau²¹. De plus, dans une étude portant sur l'évaluation du risque à la santé liée à l'exposition aux contaminants du sol, Hawley¹² se sert, pour un enfant, d'un taux d'absorption cutanée deux fois plus important que le taux utilisé pour un adulte, soit 12 % de la substance pour une exposition de 12 heures. Un tel élément n'est pas intégré à la version actuelle des *Lignes directrices*².



Définition des relations dose-réponse

La définition des relations dose-réponse repose sur les VTR non cancérogènes ou cancérogènes qui sont établies pour chaque substance. Ces valeurs reflètent l'importance de la toxicité de la substance et sont utilisées à l'étape de la caractérisation du risque pour quantifier ce dernier alors qu'elles sont mises en relation avec les doses d'exposition. Or, les VTR sont généralement basées sur des études animales menées chez les individus adultes. L'extrapolation des ces résultats aux enfants peut, dans certaines circonstances, ne pas tenir adéquatement compte des différences entre les enfants et les adultes.

En effet, la physiologie des enfants se distingue de celle des adultes. Les différences entre la physiologie des systèmes cardiorespiratoire (augmentation des taux d'inhalation, du débit cardiaque) et digestif (variation du PH gastrique, de la motilité gastro-intestinale) influencent l'exposition des enfants aux contaminants par rapport à celle des adultes^{22,23}. La présence d'un plus grand pourcentage d'eau dans le corps d'enfant que dans celui de

l'adulte et la proportion de liquide extracellulaire, qui diminue avec l'âge, sont tous les deux des éléments qui influencent les volumes de distribution des substances toxiques dans l'organisme. De cette façon, les substances hydrosolubles ont proportionnellement, chez l'enfant, un plus grand volume de distribution et une clairance moins rapide que chez l'adulte. Par contre, le volume de distribution des substances liposolubles chez l'enfant est inférieur à celui de l'adulte avec, pour conséquence, une augmentation de la concentration de la substance dans le sang et une clairance relativement plus rapide^{22,24}. L'immaturation des systèmes de détoxification durant la période prénatale et les premiers mois de vie ainsi que l'absence de certains systèmes enzymatiques entraînent une augmentation de la dose de la substance mère au niveau des organes cibles et l'effet toxique qui en résulte peut être plus ou moins important, dépendamment s'il est attribuable à la substance mère ou à son métabolite²⁵. Les phases de développement et de croissance rapide lors de la période fœtale et de la petite enfance constituent des fenêtres de vulnérabilité favorables à une perturbation de certains systèmes. Les systèmes nerveux central, endocrinien et immunitaire sont particulièrement sensibles à l'exposition aux xénotoxiques lors de ces étapes critiques du développement^{22,23,25}.

À la suite de ces observations, le *National Research Council* (NRC) recommande que la différence de susceptibilité des individus matures



ou immatures soit étudiée systématiquement lors des études de toxicité²⁵. En attendant que cette recommandation soit généralisée, de quelle façon la plus grande susceptibilité des enfants aux substances toxiques est-elle intégrée à la méthodologie de l'évaluation du risque lors de l'étape de la définition des relations dose-réponse?

Dans le cas du risque posé par l'exposition aux substances non cancérogènes, il est apprécié en divisant l'exposition calculée, lors d'un scénario donné, par une VTR spécifique à chaque substance. Si le quotient est supérieur à l'unité, on estime qu'il y a présence de risque puisque l'exposition évaluée est supérieure à l'exposition de référence sans risque illustrée par les VTR. Ces dernières sont établies à partir des NOEL (*No Objectival Effect Level*) ou des DESE (Doses d'Exposition Sans Effet) obtenus chez l'animal, puis divisées par un facteur de sécurité qui est généralement de 100. Ce facteur est appliqué afin de prendre en compte l'incertitude provenant de l'extrapolation des données de l'animal à l'humain (x 10) et de la variation inter-espèces (x 10). Ce dernier facteur sert à considérer la sensibilité particulière des sous-populations telles que les personnes âgées, les femmes enceintes et les enfants. Il est donc présumé que ce facteur de sécurité assure généralement la protection adéquate des enfants. Cependant, lorsqu'il y a évidence de la présence d'une toxicité développementale ou lorsque les études de toxicité ayant trait aux enfants semblent

incomplètes, le comité du NRC recommande qu'un facteur de sécurité supplémentaire de 10 soit appliqué aux VTR²⁵. Cette recommandation du NRC a été intégrée au *Food Quality Protection Act* des États-Unis afin que les normes ayant trait aux résidus de pesticides dans les aliments soient fixées de telle manière qu'elles soient suffisamment sévères pour protéger la santé des enfants. Dans des documents récents produits par l'OPPTS (*Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances*) dans le cadre du processus de détermination d'éligibilité de « ré-homologation » des pesticides organophosphorés, un facteur de sécurité supplémentaire de 10 a été ajouté lors de l'élaboration des VTR afin de prendre en compte la toxicité prénatale et postnatale de ces pesticides ou lorsque les données toxicologiques et celles liées à l'exposition sont jugées incomplètes. À titre d'exemple, dans le document d'éligibilité de « ré-homologation » du malathion²⁶, un tel facteur a été appliqué aux doses de référence (Drf) par inhalation et par contact cutané qui ont été utilisées pour estimer les risques attribuables à l'exposition non alimentaire des enfants. L'ajout de ce facteur de sécurité supplémentaire se justifie par le fait que les NOEL ayant servi à la détermination de ces VTR sont issus d'études animales menées exclusivement auprès d'individus adultes. Par contre, étant donné que les NOEL qui ont servi à définir la Drf par ingestion sont déduits d'une étude réalisée chez des chiots et que la susceptibilité des jeunes individus

est prise en considération, le facteur supplémentaire n'est pas requis.

Lors de l'évaluation du risque réalisée par l'INSPQ en 2005, les facteurs proposés ci-dessus n'ont pas été appliqués aux VTR retenues. Les différentes Drf utilisées proviennent d'évaluations du risque produites antérieurement à la publication du document d'éligibilité de « ré-homologation » du malathion²⁶.

La caractérisation du risque découlant de l'exposition aux substances cancérogènes est évaluée en multipliant l'exposition journalière moyenne sur toute la durée de la vie par un paramètre appelé « facteur de pente », propre à chaque substance. Ce facteur correspond au nombre théorique de cas de cancers supplémentaires attribuables à l'exposition durant toute la vie à une substance cancérogène par rapport au taux de base observé dans une population non exposée.

Afin de tenir compte de la plus grande susceptibilité des enfants et des adolescents à l'exposition aux substances cancérogènes génotoxiques, l'EPA a émis de nouvelles directives concernant le calcul du risque cancérogène selon lesquelles une importance plus grande est accordée à l'exposition s'étant déroulée durant l'enfance et l'adolescence lors du calcul de la dose journalière moyenne sur toute la durée de la vie^{27,28,29}. Cette plus grande susceptibilité est due à une fréquence plus élevée de divisions cellulaires, à l'absence d'enzymes de réparation de l'ADN au niveau



des cellules embryonnaires et à des composantes du système immunitaire non complètement fonctionnelles durant les différentes phases de développement. Lors de cette période, l'exposition à des substances toxiques peut induire des anomalies pouvant prédisposer à des effets cancérigènes plus tard au cours de la vie adulte. D'ailleurs, la comparaison des résultats des études animales, qui tiennent compte de l'exposition périnatale, avec ceux des études animales standards, permet de conclure que les mêmes sites de tumeurs sont observés, que ce soit lors d'une exposition en début de vie ou durant l'âge adulte. De plus, dans les études animales où l'exposition en début de vie et celle de l'adulte ont été prises en compte, on observe une augmentation de l'incidence des tumeurs durant la vie adulte et une diminution de leur période de latence. Ces études indiquent un risque de cancer plus élevé lors d'une exposition aux substances génotoxiques ou mutagènes en début de vie, par rapport à une même exposition durant la vie adulte. Il est donc admis que le risque de cancer attribuable à une exposition en début de vie est plus élevé que celui résultant d'une exposition similaire plus tard dans la vie. L'EPA recommande, dans ses nouvelles directives de mars 2005²⁹, que les ajustements supplémentaires suivants soient apportés lorsqu'on évalue le risque de l'exposition aux substances cancérigènes génotoxiques durant toute la vie :

- L'exposition de l'âge de 0 à 2 ans est amplifiée par un facteur d'ajus-

tement de 10.

- L'exposition de l'âge de 2 à 16 ans est amplifiée par un facteur d'ajustement de 3.

À titre d'exemple, le risque cancérigène découlant de l'exposition à une substance génotoxique serait calculé à l'aide de la formule suivante

$$R = E \times \left[\frac{(P \times F_{\text{ajust. 0-2}}) \times 21}{70} + \frac{(P \times F_{\text{ajust. 2-12}}) \times 141}{70} + \frac{(P \times 1) \times 541}{70} \right]$$

Où :

R = Le risque cancérigène (en nombre de cas additionnels de cancer);

E = Exposition moyenne journalière durant toute la vie (en mg/kg-jour);

P = Facteur de pente (en « cas de cancers additionnels » par mg/kg-jour);

$F_{\text{ajust. 0-2}}$ = Facteur d'ajustement pour une exposition avant l'âge de 2 ans = 10;

$F_{\text{ajust. 2-12}}$ = Facteur d'ajustement pour une exposition de l'âge de 2 à 12 ans = 3.

Conclusion

À l'étape de l'estimation de l'exposition lors de l'évaluation du risque toxicologique, la méthodologie utilisée parvient à traduire les particularités de l'exposition des enfants aux contaminants de l'environnement, soit par l'attribution de valeurs plus élevées aux paramètres relatifs aux classes d'âge des enfants, soit par le recours à des scénarios d'exposition spécifiques qui reflètent leurs comportements particuliers. Ces doses d'exposition ainsi estimées sont plus élevées pour les classes d'âge des enfants, ce qui est en accord avec les

observations des auteurs cités dans cet article. Lors de la caractérisation du risque, les doses d'exposition estimées sont mises en relation avec les VTR retenues à l'étape de la définition des relations dose-réponse. Le NRC recommande que les études de toxicité animales servant à la définition ou à la révision des VTR soient réalisées auprès de jeunes individus afin que leur susceptibilité particulière à l'exposition aux contaminants environnementaux soit prise en compte. Par ailleurs, en attendant que cette façon de procéder se généralise, de nouvelles approches ont été proposées pour que cette susceptibilité soit prise en compte à cette étape de l'évaluation du risque. Dans le cas des VTR utilisées pour estimer le risque non cancérigène, l'ajout d'un facteur de sécurité supplémentaire est conseillé lorsqu'il y a évidence de la présence d'une toxicité développementale ou lorsque les études de toxicité relatives aux enfants semblent incomplètes. Cette recommandation du comité du NRC est appliquée par des organismes réglementaires aux États-Unis, entre autres, lors des évaluations de risque réalisées dans le cadre du programme d'éligibilité de « ré-homologation » des pesticides. Il appartient aux professionnels qui effectuent des évaluations de risque de s'assurer que les VTR retenues à cette étape de l'évaluation tiennent compte de la susceptibilité des enfants à l'exposition aux contaminants étudiés et de juger de la pertinence d'appliquer le facteur supplémentaire proposé par le comité du NRC. En ce qui a



trait à l'estimation du risque cancérigène, les recommandations récentes de l'EPA, qui consistent à considérer de manière particulière l'exposition aux substances cancérigènes génotoxiques durant l'enfance et l'adolescence, représentent une nouveauté très intéressante dans l'application de cette méthodologie. Des facteurs d'ajustement supplémentaires pour l'exposition durant les deux premières années de vie et pour celles entre l'âge de 2 et 16 ans sont proposés afin de tenir compte de la sensibilité des enfants et de leur réponse toxique particulière à ces substances. De plus, des résultats concluants observés dans des études animales appuient la pertinence de recourir à ces facteurs d'ajustement lors de la démarche de l'évaluation du risque cancérigène. Bien entendu, ces approches comportent leur lot d'incertitudes et, pour cette raison, ne sont pas encore universellement reconnues et demeurent à l'occasion critiquées. Toutefois, leur application témoignerait d'un souci de protection de la santé des enfants dans une situation d'incertitude et donc de l'application d'un principe de prudence. Il sera intéressant d'observer comment les organismes réglementaires appliqueront cette méthodologie et quel sera son impact sur les nouvelles normes ou les nouveaux critères qui en découleront. Enfin, il paraît pertinent que la prochaine version des *Lignes directrices*² portant sur l'évaluation du risque toxicologique au Québec (actuellement en cours de révision) fasse preuve d'ouverture à cette approche méthodologique.

Références

- Preston RJ. (2004). Children as a sensitive subpopulation for the risk assessment process. *Toxicol Appl Pharmacol.*;199(2):132-41.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) (2002). *Ligne directrice pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine*, Québec : Gouvernement du Québec; 2002. 83 p. + annexes.
- Roberts RJ. (1992). Overview of similarities and differences between children and adults: implications for risk assessment. Dans : Guzealian PS, Henry CJ, Olin SS, rédacteurs. *Similarities and Differences between Children and Adults*. Washington, DC: ILSI Press; p. 11-15.
- National Research Council (NRC) (1993). *Pesticides in the diets of infants and children*. Washington, DC: National Academy Press.
- Billar, JA, Yeager, AM. (1981). *The Harriet Lane handbook*. 9^e ed. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Moya, J., Bearer C.F., Etzel, R.A. (2004). Children's behavior and physiology and how it affects exposure to environmental contaminants. *Pediatrics*. 113(4 Suppl):996-1006.
- U.S. Department of Agriculture (USDA) (1985). *Nationwide food consumption survey: continuing survey of food intakes by individuals, women 19-50 years and their children 1-5 years*. Washington, DC: Human Nutrition Information Service; 1985.
- Sonawane BR. (1995). Chemical contaminants in human milk: an overview. *Environ Health Perspect* 103 Suppl 6:197-205.
- Hooper K, McDonald TA. (2002). The PBDEs: An emerging environmental challenge and another reason for breast-milk monitoring programs. *Environ Health Perspect.* 108 (5): 387-92.
- Bearer CG. (1995). Environmental health hazard: how children are different from adults. *The Future of Children*; 5(2):11-26 [consulté le 12 janvier 2007]. Disponible: URL: http://www.futureofchildren.org/usr_doc/vol5no2ART2.pdf
- Carroquino MJ, Galson SK, Licht J, Amler RW, Perera FP, Claxton LD, et al. (1998). The U.S. EPA conference on preventable causes of cancer in children: a research agenda. *Environ Health Perspect* 106 Suppl 3:867-73.
- Hawley, JK, (1985). Assessment of health risk from exposure to contaminated soil, *Risk Anal* 5(4):289-302.
- Reed KJ. (2004). *Quantification of children's hand and mouthing activities through a videotaping methodology* [thèse]. Rutgers: The State University of New Jersey; 1997. Cité dans : Santé Canada. Partie B, Chapitre 9 : Évaluation de l'exposition par ingestion non alimentaire. Dans : Santé Canada. Lignes directrices sur l'évaluation de l'exposition aux produits antiparasitaires après application (PRO98-04) [monographie sur Internet]. Ottawa : Santé Canada [consulté le 10 janvier 2007]. Disponible : URL : <http://www.pmra-arla.gc.ca/francais/pdf/pro/pro98-04/ChapterB09-f.pdf>.
- Reed KJ, Jimenez M, Freeman NC, Lioy PJ. (1999). Quantification of children's hand and mouthing activities through a videotaping methodology. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 9(5):513-20.
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2002). *Évaluation des risques toxicologiques associés à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du virus du Nil occidental*. Montréal : Gouvernement du Québec; 2002.
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (2005). *Évaluation du risque toxicologique associé à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre le virus du Nil occidental (VNO) – Mise à jour de nouvelles données et approche raffinée d'évaluation*. Montréal : Gouvernement du Québec; 2005.
- Office of Pesticides Programs (OPP) (1997). *Draft : standard operating procedures (SOPs) for residential exposure assessment. health effects division*, Versar inc.
- Faustman EM, Silbernagel SM, Fenske RA, Burbacher TM, Ponce RA. (2000). Mechanisms Underlying children's susceptibility to environmental toxicants. *Environ Health Perspect* 108 Suppl 1:13-21.
- Sedman RM. (1989). The development of applied action levels for soil contact: a scenario for the exposure of humans to soil in a residential setting. *Environ Health Perspect* 79:291-313.
- World Health Organization (WHO) (2005). Environmental health criteria document on dermal absorption. Genève (Suisse): International Program on Chemical Safety, World Health Organization.
- Miller DM, Marty MA, Arcus A, Brown J, Morry D, Sandy M. (2002). Differences between children and adults: implications for risk assessment at California EPA. *Int J Toxicol*; 21:403-18.
- Landrigan PJ. (1999). Risk assessment for children and other sensitive population. *Ann N Y Acad Sci*; 895:1-9.
- Daston G, Faustman E, Ginsberg G, Fenner-Crisp P, Olin S, Babasaheb S, et al. (2004). A framework for assessing risks to children from exposure to environmental agents. *Environ Health Perspect*;112(2): 238-56.
- Landrigan PJ, Kimmel CA, Correa A, Eskenazi B. (2004). Children's health and the environment: public health issues and challenges for risk assessment. *Environ Health Perspect*;112(2):257-65.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (2006). Office of prevention, pesticides and toxic substances. registration eligibility decision (RED) for Malathion.
- Barton HA, Cogliano VJ, Flowers L, Valcovic L, Woodrow Setzer R., Woodruff TJ. (2005). Assessing Susceptibility from Ear-Life Exposure to Carcinogens. *Environ Health Perspect*;113(9):1125-33.
- Hattis D, Goble R, Chu M. (2005). Age-related differences in susceptibility to carcinogenesis. II. Approches for application and uncertainty analyses for individual genetically acting carcinogens. *Environ Health Perspect*; 113(4):509-16.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (2005). *Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens* [monographie sur Internet]. United States Environmental Protection Agency; EPA/630/R-03/003F [consulté le 20 décembre 2006].
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2004. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), report No EPA/540/R/99/005, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC



CARACTÉRISTIQUES DES INTERVENTIONS QUÉBÉCOISES EN PROTECTION SOLAIRE DESTINÉES AUX JEUNES

MARIE-CHRISTINE GERVAIS ET MARC RHAINDS⁽¹⁾

Introduction

Le rayonnement ultraviolet est une source d'exposition nécessaire à toute forme de vie sur la terre. Les habitudes d'exposition de la population aux rayonnements ultraviolets (UV) ont toutefois grandement évolué au cours des siècles notamment sous l'influence de la culture et de la mode. À titre d'exemple, les femmes de la bourgeoisie au 19^e siècle s'exposaient le moins possible aux rayonnements UV en privilégiant le port de chapeaux à larges rebords, de gants et l'utilisation d'ombrelles¹. C'est au tournant du 20^e siècle que le rayonnement UV gagna en popularité entre autres par l'avènement de la photothérapie utilisée à des fins médicales comme ce fut le cas pour le traitement de la tuberculose cutanée. Cette période fut également caractérisée par un nouvel attrait pour la pratique d'activités de loisirs à l'extérieur (tennis, golf, bains de mer). S'amorça alors dans la population un changement de la norme sociale quant au caractère esthétique d'un teint hâlé, ce

dernier symbolisant aussi la santé. L'apparition des premiers salons de bronzage à la fin des années 1970 a contribué à renforcer la pratique du bronzage en entretenant auprès de la population le mythe de l'innocuité des rayons UV artificiels. L'industrie du bronzage artificiel représente actuellement une force économique dont les revenus pour l'Europe et l'Amérique du Nord s'élèvent approximativement à 2,6 milliards de dollars américains par année².

Qu'il soit d'origine naturelle ou artificielle, le rayonnement UV serait impliqué dans l'apparition des cancers de la peau. Ce rayonnement serait également considéré comme un facteur de risque pour d'autres effets sur la santé (effets immunosuppresseurs, cataractes)^{3,4}. Les organisations oeuvrant en prévention du cancer encouragent donc la population à utiliser divers moyens de protection individuels lors d'une exposition solaire (par ex. crème solaire, port d'un couvre-chef, de lunettes et de vêtements longs, recherche d'ombre, etc.)⁵⁻⁷. L'accumulation de preuves scientifiques sur les effets néfastes de l'utilisation des appareils de bronzage a également incité l'Organisation mondiale de la Santé⁸ à recommander aux moins de 18 ans de ne pas utiliser ce type d'appareil.



Les jeunes et les UV : données canadiennes et québécoises

Les études québécoises et canadiennes sur la prévalence des comportements d'exposition et de protection aux UV chez les jeunes sont rares et datent de quelques années. Mentionnons d'abord une enquête canadienne réalisée en 1996 qui propose des données sur les comportements de 574 jeunes âgés de 15 à 24 ans pendant leurs loisirs⁹ mais aussi, sur les comportements des jeunes de moins de 12 ans tel que rapporté par 1 051 parents¹⁰. Les résultats de cette étude indiquent que 89 % des enfants passent 30 minutes et plus au soleil par jour tandis que chez les 15-24 ans, cette proportion se chiffre à 87 %. Les 0-5 ans bénéficieraient d'une plus grande protection que les 6-12 ans; l'utilisation de crème solaire étant le moyen de protection privilégié pour ces deux groupes d'âges (84 % chez les 0-5 ans et 68 % chez les 6-12 ans). Le moyen de protection privilégié chez les 15-24 ans serait le port d'un couvre-chef (38 %) suivi de l'utilisation de la crème solaire (35 % sur le visage et 33 % sur le corps). Chez les 15-24 ans,

⁽¹⁾ Unité Santé et environnement, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec, 945, avenue Wolfe, Québec (Québec) G1V 5B3. Téléphone: 418-650-5115, poste 5221; télécopieur: 418-654-3144. Courriel: marie-christine.gervais@inspq.qc.ca.



toujours selon cette même enquête, les filles auraient une propension significativement plus grande que les garçons à se protéger (recherche d'ombre, évitement de l'exposition entre 11 et 16 heures et utilisation de crème solaire sur le visage et le corps) à l'exception du port d'un couvre-chef. Une étude québécoise réalisée la même année a quant à elle documenté la prévalence de l'utilisation des appareils de bronzage chez les 18-60 ans¹¹. Ce sondage, réalisé par téléphone, a révélé que 32,6 % des 18 à 24 ans avaient utilisé des appareils de bronzage dans les derniers 5 ans et 19,5 %, dans les 12 derniers mois précédant l'étude. Lors de l'enquête canadienne menée auprès des 15-24 ans, on a noté que 44 % des répondants recherchaient activement un hâle que ce soit par des méthodes naturelles ou artificielles. La prévalence de l'exposition à l'une ou l'autre de ces méthodes était de 51 % chez les filles et de 38 % chez les garçons.

Les habitudes d'exposition des jeunes aux rayonnements UV naturels et artificiels les prédisposent au développement d'un cancer de la peau au cours de leur vie. On estime que de 50 à 80 % de l'exposition au rayonnement UV sur une vie entière est accumulée avant l'âge adulte: cette accumulation dépend bien entendu du type d'activités extérieures pratiquées et de la durée de ces activités^{12,13}. On observe également que le mélanome, qui était diagnostiqué dans le passé plus fréquemment chez les personnes âgées, serait

maintenant «le troisième cancer en importance chez les hommes et les femmes de 30-39 ans» au Canada¹⁴. Notons aussi qu'au Québec et, dans la majorité des provinces canadiennes à l'exception du Nouveau-Brunswick, aucune réglementation ne limite l'accessibilité aux appareils de bronzage chez les mineurs. L'industrie du bronzage a donc le champ libre pour recruter des adeptes de plus en plus jeunes. Sur la base de ces constats, la prévention dès la naissance auprès des parents et le renforcement des actions et des messages pendant l'enfance et l'adolescence sont suggérés.

Le Programme national de santé publique¹⁵ prévoit l'implantation d'activités préventives liées à l'exposition aux rayons UV afin de contribuer à la diminution de l'incidence des cancers de la peau au Québec. Préalablement à la mise en place de ces activités, le Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a demandé à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) de se prononcer sur l'efficacité d'une série d'interventions québécoises, canadiennes et internationales destinées à protéger les 0-18 ans des rayons UV. Les interventions jugées efficaces pourront inspirer le Comité intersectoriel sur la prévention des cancers de la peau dans ses démarches. Ce comité, regroupant des partenaires de différents milieux fréquentés par les 0-18 ans, a été mis sur pied au printemps 2007 par le MSSS.

Méthodologie

Objectifs poursuivis

Cet article vise dans un premier temps à documenter les caractéristiques des interventions de protection solaire implantées au Québec. Dans un deuxième temps, chaque intervention répertoriée est critiquée sur la base de sa reproductibilité et, dans le cas d'une intervention évaluée, sur la rigueur de son évaluation.

Collecte de données

Les renseignements relatifs aux interventions québécoises ont principalement été obtenus par questionnaire. Ce dernier comprenait 28 questions ouvertes regroupées en trois sections soit les caractéristiques générales de l'intervention, l'évaluation de son efficacité et son appréciation globale. Les milieux d'intervention ciblés par cette démarche étaient les services de garde à l'enfance (par ex. CPE, garderies privées), le milieu familial, le milieu préscolaire et le milieu primaire, le milieu secondaire et le milieu collégial, les milieux sportifs et de loisirs et les milieux de travail extérieurs occupés par des étudiants (ex. moniteurs de camps de vacances, travailleurs de la construction, sauveteurs). Pour être retenues dans l'étude, les interventions devaient cadrer à l'intérieur de l'une ou l'autre des trois approches de promotion de la santé suivantes, soit : 1) l'acquisition d'aptitudes individuelles, 2) la création d'environnements favorables et 3) l'adoption de politiques



publiques favorables à la santé. Les campagnes médiatiques étaient également recherchées. Les interventions devaient cibler directement ou, par l'intermédiaire de leurs proches, la clientèle des 0-18 ans et avoir été implantées entre 1990 et 2005. Les interventions réalisées sans devis évaluatif étaient aussi retenues compte tenu de leur importance sur le plan descriptif.

Pour mener cette recherche au Québec, les membres de la Table nationale de concertation en santé environnementale (TNCSE) ont été approchés afin qu'ils identifient, dans leur région respective, le ou les responsables du dossier UV. Ces répondants ont par la suite été contactés par l'agente de recherche sociosanitaire pour les inviter à compléter le questionnaire. Ce dernier a été transmis par courriel entre les mois de décembre 2005 et de janvier 2006. La période de retour des questionnaires s'est échelonnée sur une période de deux mois et demi.

Analyse critique

Chaque intervention répertoriée a été codifiée à partir d'une grille d'analyse comprenant 16 critères relatifs à la reproductibilité (critères descriptifs) et 6 critères portant sur la rigueur de l'évaluation (critères évaluatifs). Les critères descriptifs de la grille d'analyse (par ex. groupe d'âge ciblé pour l'intervention, objectifs, matériel utilisé, etc.) ont été codifiés indépendamment des critères évaluatifs (durée du suivi, design évaluatif, outils de mesure, etc.). Un maximum de 16 points pouvait être atteint pour

la portion descriptive de la grille et un maximum de 14 points pour la portion évaluative. La combinaison de ces deux pointages correspond à une catégorie de A à I (voir tableau 1).

Une première vague d'interventions a été codifiée indépendamment par deux évaluateurs qui se sont par la suite consultés pour établir un pointage par consensus. La codification des interventions résiduelles était complétée par l'un des deux évaluateurs qui appliquait un facteur de correction à toutes les interventions en se basant sur le calcul de la variabilité entre les évaluateurs. L'interprétation des pointages obtenus au terme de cette démarche, sur le plan descriptif et évaluatif, est expliquée dans le tableau 1.

Au terme de la codification, seules certaines interventions pouvaient faire l'objet d'une analyse de l'efficacité. Leur pointage évaluatif devait se chiffrer entre 7 et 14 (A, B, D, E, F). L'efficacité d'une intervention de catégorie H ne pouvait être analysée faute d'une

description suffisante de l'intervention et ce, malgré son pointage évaluatif de rigueur moyenne.

Résultats

Douze répondants régionaux sur le dossier des rayons UV sur un total de 18 régions sociosanitaires ont été identifiés par les membres de la TCNSE. De ces 12 répondants, 8 ont complété le questionnaire et certains d'entre eux ont rapporté plus d'une intervention. Deux organisations sollicitées directement (Association canadienne de dermatologie et une firme privée) ont également répondu à notre proposition. Au total, 11 interventions ont été retenues.

Tendances québécoises en matière de prévention

Spécifions d'abord que les éléments de réponse du questionnaire complétés par moins de 50 % des répondants n'étaient pas utilisés pour générer ces tendances. Parmi ces éléments, nous retrouvons le groupe d'âge ciblé (45,5 % de réponse), le sexe de la population cible (27,3 % de réponse), le niveau

Tableau 1. Interprétation des pointages obtenus à la suite de la codification

| | POINTAGE DESCRIPTIF 11 ≤ x ≤ 16 | POINTAGE DESCRIPTIF 7 ≤ x ≤ 10,99 | POINTAGE DESCRIPTIF 0 ≤ x ≤ 6,99 |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Pointage évaluatif 11 ≤ x ≤ 14 | A Reproductibilité élevée/ Évaluation rigoureuse | D Reproductibilité moyenne/ Évaluation rigoureuse | F Faible reproductibilité/ Évaluation rigoureuse |
| Pointage évaluatif 7 ≤ x ≤ 10,99 | B Reproductibilité élevée/ Évaluation moyennement rigoureuse | E Reproductibilité moyenne/ Évaluation moyennement rigoureuse | H N'est pas en mesure de se prononcer sur l'efficacité de l'intervention |
| Pointage évaluatif 0 ≤ x ≤ 6,99 | C N'est pas en mesure de se prononcer sur l'efficacité de l'intervention | G N'est pas en mesure de se prononcer sur l'efficacité de l'intervention | I N'est pas en mesure de se prononcer sur l'efficacité de l'intervention |



socio-économique (10 % de réponse), le taux de réponse à la sollicitation (0 % de réponse), les objectifs spécifiques poursuivis (45,5 % de réponse) et l'inspiration d'une théorie ou d'un modèle (27,3 % de réponse). La médiane calculée sur le pointage descriptif se chiffre à 8,75; un écart de près de 7 points sur 16 a été observé entre la description la plus et celle la moins complète d'une intervention.

La plupart des interventions répertoriées par cette démarche ont été implantées par des directions de santé publique (DSP); chaque DSP ayant développé sa propre intervention. Ces dernières ont toutefois établi des partenariats avec les milieux d'intervention, avec les municipalités concernées, avec des organisations à but non lucratif telles que la Société canadienne du cancer (SCC) ou encore, avec des compagnies privées spécialisées dans la fabrication de crème solaire ou de vêtements de protection (voir tableau 2). Certaines DSP ont néanmoins fait cavalier seul.

Les services de garde à l'enfance, les milieux sportifs et de loisirs de même que le milieu familial représentent les trois principaux milieux d'implantation des interventions. On note que ces milieux ont souvent été ciblés simultanément. Toutefois, certaines interventions ont été implantées dans des milieux plus spécifiques tels que les écoles primaires (1), les milieux sportifs et de loisirs (2) et le milieu familial (2). Au nombre des intervenants mis à contribution dans le déroulement des interventions, on retrou-

ve les professeurs, les animateurs de camps de jour de même que les responsables et moniteurs de terrains de jeux, les infirmières, les parents, les éducateurs en services de garde à l'enfance et les intervenants en petite enfance des Centres locaux de services communautaires (CLSC). Pour impliquer ces divers intervenants, on a favorisé dans 37,5 % des cas des contacts téléphoniques ou de vive voix en plus de transmettre de l'information écrite tandis que dans 72,5 % des cas, on a privilégié un seul de ces modes de communication. Dans le cadre des trois campagnes médiatiques répertoriées, les principaux médias utilisés ont été les dépliants et les magazines, les journaux et les radiodiffuseurs.

La majorité des interventions ont été implantées entre les mois d'avril et d'août. La distribution de fréquence de la durée des interventions était la suivante : entre 1 journée et 1 semaine (55,6 %), de 1 semaine à 1 mois (22,2 %) et, de 1 mois à 5 mois (22,2 %). Finalement, 72,7 % des répondants ont souligné la récurrence de leurs interventions c'est-à-dire que l'intervention a été reproduite au moins à deux reprises que ce soit dans la même année ou d'année en année. La totalité des interventions répertoriées au Québec visaient l'acquisition d'aptitudes individuelles. Dans cet effort de sensibilisation, le dépliant «Le bronzage pourrait avoir votre peau» du MSSS produit en 1999 de même que le matériel développé par la SCC ont été utilisés par plusieurs répondants.

Évaluation des interventions

Seules deux interventions parmi celles répertoriées par cette démarche ont été évaluées, leur évaluation étant de rigueur moyenne. L'évaluation de l'intervention numéro 1 (voir tableau 2) a été menée selon un design pré-test/post-test avec un suivi post-intervention de 4 mois. Lors du pré-test, orienté sur les connaissances des enfants d'âge primaire, ces derniers ont obtenu un pointage moyen de 62 % tandis qu'au post-test, ce pointage se chiffrait à 77 %. Vingt-six questions sur 35 ont été bien répondues lors du post-test, ce qui signifie que 74 % de l'information testée a été assimilée par les écoliers.

L'évaluation de l'intervention numéro 4 révèle qu'il y aurait eu, 12 mois après l'intervention, une amélioration des connaissances sur les effets néfastes des rayons ultraviolets chez les mères (80 %), sur les moyens de protection suggérés pour les enfants (81,4%) et sur les crèmes solaires (69 %). À la suite de l'intervention, un plus grand usage des crèmes solaires a été observé chez le groupe exposé à l'intervention (84 %) par rapport au groupe contrôle (43 %). Mentionnons que ces résultats ont été obtenus à partir d'un design expérimental avec un groupe contrôle.

Discussion

Deux faits importants émanent de cette analyse. Notons d'abord l'inclination du Québec à développer des interventions principalement axées sur la sensibilisation de la population soit par l'intermédiaire

Tableau 2. Principales caractéristiques des interventions québécoises

| PROMOTEUR DE L'INTERVENTION/ PARTENAIRES | ÂGE DE LA POPULATION CIBLE/ LIEU GÉOGRAPHIQUE | DURÉE/DÉBUT / RÉCURRENCE | DESCRIPTION DE L'INTERVENTION |
|--|--|--|--|
| 1) Ombrelle (L'Oréal Canada)/ aucun partenaire | 7-12 ans/ provinces de Québec et Ontario | 5 jours/ fin mai/ oui | Programme éducatif dans les écoles primaires |
| 2) Direction de santé publique (DSP) de l'Abitibi-Témiscamingue et Loisir et Sport Abitibi-Témiscamingue/ Société Canadienne du Cancer (SCC) | 5-12 ans/ Val-d'Or, Amos, Rouyn- Noranda, La Sarre | 3 mois/ début juin/ oui | Utilisation de la brochure «Vivre sous le soleil» de la SCC par les animateurs des camps de jour municipaux pour activités les jours de pluie |
| 3) DSP Capitale-Nationale/ responsables des loisirs des arrondissements de la ville de Québec | 4-16 ans et 16-18 ans/ terrains de jeux de cinq arrondissements de la ville de Québec | 1 mois/ fin mai/ non | Présentation d'un guide aux moniteurs de terrains de jeux afin de modifier leurs attitudes et leurs perceptions sur les rayonnements ultraviolets. Les moniteurs peuvent par la suite agir à titre de modèles auprès des enfants. |
| 4) DSP Capitale Nationale/ 6 hôpitaux région de Québec, SCC, Association Canadienne de Dermatologie (ACD), Fédération des CLSC du Québec, Dermek | Nouveau-nés/ province de Québec | En continu/ en continu/ oui | Remise du guide «Les premiers pas de bébé au soleil» par les infirmières lors de leur visite postnatale à la résidence |
| 5) ACD/ MSSS, Association des dermatologistes du Québec, compagnies de crème solaire et de vêtements | Adolescents (certaines campagnes)/ province de Québec | 1 semaine/ juin/ oui | Campagne médiatique sur les dangers et les moyens de protection reliés aux UV. Production d'un cahier spécial, la 14 ^e et la 15 ^e année |
| 6) DSP de Lanaudière/ aucun partenaire | 0-5 ans/ région de Lanaudière | 1 journée/ nd/ oui | Information (journal, lettre, dépliants) distribués dans les services de garde, les colonies de vacances et les camps de jour |
| 7) DSP de l'Outaouais/ Services de périnatalité des Centres de santé et de services sociaux (CSSS), municipalité de Gatineau | 0-6 ans/ région de l'Outaouais | 1 semaine/ avril/ oui ^a | Sensibilisation avec ppt (salon maternité-paternité), envois de dépliants et communiqués de presse dans les CPE, les cours prénataux, endroits publics |
| 8) DSP Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine/ Centres locaux de services communautaires (CLSC) et Centres de la petite enfance (CPE) de cette région | Enfants en bas âge/ région de la Gaspésie- Îles-de-la-Madeleine | Nd/ nd/ oui | Les CLSC transmettent de l'information par courrier aux parents dans les CPE et les camps de jour |
| 9) Agence de Santé et de Services sociaux (ASSS) de la Côte-Nord/ aucun partenaire | Nouveau-nés et enfants/ région de la Côte-Nord | 5 jours/ juin/ oui ^b | Envoi de dépliants dans les CPE, communiqué de presse et message radiophonique |
| 10) DSP de l'Estrie/ Association Canadienne du Cancer – région Estrie, SCC, Ville de Sherbrooke | enfants fréquentant les OTJ, les CPE et les organismes de soccer / Ville de Sherbrooke | 2 mois/ fin juin/ prévu en 2006 | Activités éducatives dans les CPE, les OTJ et les organismes récréatifs de soccer |
| 11) DSP Laval/ aucun partenaire | nd/ région de Laval | 1 journée/ juin/ à déterminer pour 2006 | Envoi de dépliants par courrier avec ceux de la chaleur accablante (cliniques médicales, pharmacies, bureaux municipaux de loisirs, CPE) |

^a S'applique à l'envoi des dépliants et aux communiqués de presse seulement.

^b S'applique uniquement à l'envoi de dépliants.

des médias ou par l'acquisition d'aptitudes individuelles telle que l'amélioration des connaissances. La littérature évoque que de se restreindre uniquement à des approches axées sur l'individu, particulièrement chez les adolescents, n'est pas suffisante pour engendrer une modification soutenue du comportement¹⁶. En second lieu, cette analyse révèle que bien peu d'interventions dans ce domaine ont été évaluées au Québec. Il faudra définitivement recourir aux interventions évaluées à l'extérieur du Québec pour justifier les stratégies d'intervention à mettre en place dans les divers milieux ciblés par le Comité intersectoriel. De plus, puisque les interventions québécoises évaluées visaient l'amélioration des connaissances, il sera intéressant de comparer leur efficacité à d'autres approches de promotion de la santé (création d'environnements favorables et adoption de politiques publiques saines) évaluées au niveau canadien et international.

La méthodologie utilisée dans notre étude peut avoir eu une influence sur la qualité des renseignements recueillis par questionnaire et en conséquence, sur l'état réel de la situation en prévention et promotion de la santé dans le domaine des UV au Québec. D'une part, la période réduite de collecte (2 mois et demi) et le choix d'un outil de cueillette à questions ouvertes peuvent avoir découragé les répondants à décrire de façon détaillée leurs interventions. Puisque pour bon nombre d'éléments du questionnaire, moins

de 50 % des répondants se sont prononcés, plusieurs caractéristiques importantes des interventions ont échappé à l'analyse. D'autre part, on peut se questionner sur l'exhaustivité de cette démarche. Rappelons que les questionnaires ont été transmis en majeure partie aux directions de santé publique et à des organismes ayant une mission de santé. Ceci signifie que les interventions implantées par des milieux spécifiques tels que les écoles, les services de garde à l'enfance et les terrains de jeux sans le support ou la demande du réseau de santé

^(a) Les rencontres individuelles auprès des partenaires potentiels du Comité issus de divers milieux (services de garde à l'enfance, camps de vacances, piscines publiques) nous confrontent à ce biais possible de sollicitation des répondants à notre questionnaire.

publique ne figurent pas dans ces travaux^(a).

Conclusion

Cette démarche, regroupant des interventions de protection solaire implantées à la fois au Québec, au Canada et à l'international, est la première de ce genre. L'échantillon québécois présenté dans cet article dresse un portrait des actions entreprises sur un horizon de 15 ans face à la problématique des rayons UV et démontre l'engagement du réseau de santé publique québécois à ce chapitre. Par ailleurs, la faible fréquence d'évaluation des interventions et le fonctionnement en silos des régions suggèrent une meilleure planification des démarches dans ce domaine. Ainsi, les ressources



Source: Cahier spécial de la 17^e semaine nationale de la prudence au soleil.



financières et humaines en prévention pourraient être mieux investies et les messages véhiculés à la population, plus uniformes.

La démarche intersectorielle en cours au Québec devrait permettre des avancées réelles en matière de réduction de l'exposition chez les 0-18 ans. La mise en commun des expertises des membres du Comité intersectoriel et le leadership de ces derniers nous convient à des discussions enrichissantes sur la mise en œuvre de stratégies d'intervention efficaces. Néanmoins, les interventions à naître devront adapter leur contenu aux connaissances, attitudes et comportements des jeunes québécois^(b). De plus, les mesures de prévention et de promotion de la santé devront cadrer avec les préoccupations et les priorités des divers milieux d'intervention ciblés. Il ne faut pas non plus faire fi du contexte actuel fortement axé sur la promotion de l'activité physique. À cet effet, il est capital de développer des initiatives de protection solaire qui supportent les efforts investis dans d'autres luttes telle que celle de l'obésité¹⁷.

En conclusion, rappelons que cet article s'inscrit à l'intérieur d'une démarche plus exhaustive regroupant plus d'une centaine d'interventions menées à travers le monde qui ont, pour la plupart, été évaluées. L'analyse de ces interventions permettra de se prononcer sur l'efficacité de diverses catégories d'interventions (1) acquisition

d'aptitudes individuelles, 2) création d'environnements favorables et 3) adoption de politiques publiques favorables à la santé en comparant leur potentiel à réduire l'exposition au rayonnement UV des jeunes de 0-18 ans.

Références

1. Albert, MR, Ostheimer KG. (2002). The evolution of current medical and popular attitudes toward ultraviolet light exposure: Part 1. *J Am Acad Dermatol*;47: 930-7.
2. Young AR. (2004). Tanning devices-Fast track to skin cancer?. *Pigment cell res*;17: 2-9.
3. International Agency for Research on Cancer, Solar and ultraviolet radiation. IARC (1992). *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon, France.
4. The International Agency for Research on Cancer Working Group on artificial (UV) light and skin Cancer (2006). The association of use of sunbeds with cutaneous malignant melanoma and other skin cancers: A systematic review. *Int. J. Cancer*;120: 1116-22.
5. California Department of Health Services. [consulté le 7 février 2007]. Disponible: www.dhs.ca.gov/ps/cdic/CPNS//skin/skin_protection.htm.
6. Alberta cancer Foundation, [consulté le 7 février 2007] Disponible: www.cancerboard.ab.ca/sunright
7. Société canadienne du cancer [consulté le 7 février 2007]. Disponible : www.cancer.ca/ccs/internet/standard/0,3182,3543_1046449084_1049663725_langId-en,00.html
8. Organisation mondiale de la santé. Communiqué de presse 17 mars 2005 [consulté le 14 février 2007]. Disponible à www.who.int/mediacentre/news/notes/2005/np07/en/print.html
9. Lovato CY, Shoveller JA, Peters L, Rivers JK. 1998. Canadian National Survey on sun exposure & protective behaviours: youth at leisure. *Cancer Prevention & Control*, 2(3): 117-22.
10. Lovato CY, Shoveller JA, Peters L, Rivers JK. (1998). Canadian National Survey on sun exposure & protective behaviours: parents' reports on children. *Cancer Prevention & Control*, 2(3): 123-8.
11. Rhainds M, DeGuire L, Claveau J. (1999). A population-based survey on the use of artificial tanning devices in the Province of Québec, Canada. *J Am Acad Dermatol*, 40: 572-6.

12. Koh HK, Lew RA, Geller AC, Miller DR, Davis BE. (1995). *Skin cancer: prevention and control*. Dans: Greenwald P, Kramer BS, Weed DL, eds. *Cancer prevention and control*. Marcel Dekker inc. 611-40.
13. National Institutes of Health. (1991). Summary of the consensus development conference on sunlight, ultraviolet radiation, and the skin (Bethesda, Maryland, May 8-10, 1989), *Am Acad Dermatol*, 24:608-612.
14. Agence de santé publique du Canada, Surveillance du cancer en direct, à partir de l'adresse http://dsol-smed.phac-aspc.gc.ca/dsol-smed/cancer/m_prov_f.phtml, sélectionner une carte de l'incidence du mélanome malin de la peau.
15. Ministère de la Santé et des Services sociaux (2003). Programme national de santé publique 2003-2012, 2003. [consulté le 6 mars 2007]. Disponible à l'adresse: <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2002/02-216-01.pdf>,
16. Breinbauer C, Maddaleno M. (2005). Developing effective health promotion and prevention programs for adolescents. Dans: Pan American Health Organization, Youth Choices and Changes. Scientific and technical publication; 594:18 pages, [consulté le 27 février 2007]. Disponible: ingentaconnect.com/content/paho/ycc
17. site Web du ministère de la Santé et des Services sociaux www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/activitephysique.php, [consulté le 18 février 2007].



^(b) Un sondage est actuellement en cours à ce sujet dans toutes les provinces canadiennes.



LE BRUIT EN CONTEXTE ÉDUCATIF ENTRAÎNE-T-IL LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT?

Michel Picard⁽¹⁾, Audrey Baron-Riopel⁽¹⁾ et Alexandra Cloutier⁽¹⁾

Si l'apprentissage s'étale tout au long de la vie sous l'impulsion d'une curiosité découlant des fonctions cognitives hyper-développées des individus de notre espèce, ses grands moments se situent principalement de la naissance à l'âge adulte. Plus spécifiquement, les grands jalons du développement cognitif, affectif et social, sous la poussée de la compétence linguistique émergente, viennent ponctuer toute la période de l'âge préscolaire. Durant cette phase sensible de découverte et d'appréhension du monde, la gêne exercée par le bruit pourra retarder ou compromettre des apprentissages critiques. En effet, le faible niveau de conscience phonologique en petite enfance, peut empêcher de relever la rude exigence d'extraire la signification d'un substrat acoustique de la parole rendu ambigu par effet masquant (ou distrayant) de signaux sans rapport avec l'objet de communication verbale. Le problème se répercutera également à l'âge scolaire^{1, 2}. Evans et Evans et Lepore se sont attardés à décrire ce lourd tribut en particulier chez les 'apprenants' d'âge scolaire. Les auteurs identifient trois conséquences principales

d'une exposition au bruit environnemental:

- 1- retard de lecture consécutif à une exposition chronique, avec incidence sur la performance académique;
- 2- difficulté de rappel de matériel linguistique complexe consécutive à une exposition chronique;
- 3- exacerbation de l'«hyperactivité» consécutive à des expositions ponctuelles.

L'environnement bruyant: source de retard académique et de lecture

Le retard de lecture est identifié chez 2 844 enfants de 9-10 ans du primaire par Stansfeld et coll.³ et Clark et coll.⁴. Il croîtrait en outre chez les élèves du secondaire, vraisemblablement avec la hausse de la durée d'exposition au bruit environnemental des avions, pour affecter également le résultat à des tests standardisés de sciences et mathématiques⁵. La relation dose-effet est spécifiquement mise en évidence par Clark et coll.⁴ pour des valeurs moyennes d'exposition variant de 46 à 53 dBA ($L_{Aeq\ 16\ hrs}$ entre 7:00 et 23:00). Ainsi, les auteurs estiment à 2,28 mois le retard en lecture par décibel d'accroissement du $L_{Aeq\ 16\ hrs}$ associé au trafic aérien, avec absence d'effet sous la barre des 45 dBA environ et effet maximal à partir du niveau d'environ 55 dBA.



Compte-tenu de l'importance des cohortes étudiées et du nombre de variables critiques contrôlées, on peut parler d'un niveau de preuve élevé. En outre, ces travaux s'ajoutent à une vingtaine d'autres incluant l'étude de Hygge et coll.⁶ où les nombres de sujets sont importants (souvent autour de 2 000) et où on contrôle de nombreuses variables critiques⁷. Ces résultats sont également importants pour deux autres raisons: 1- des niveaux d'exposition aussi faibles (prise d'effet à partir de 45 dBA) sont susceptibles de se retrouver dans plusieurs espaces urbains exposant ainsi de grands nombres d'enfants pour alourdir le fardeau de la difficulté d'apprentissage de la lecture au primaire; 2- la difficulté devrait aussi se manifester sous une forme différente mais non moins perturbatrice chez des enfants d'âge préscolaire avec les mêmes niveaux d'exposition logiquement capables d'induire le retard phonologique, à l'évidence des résultats de Watson et Miller⁸. Ces auteurs établissent chez 94 collégiens un lien formel entre les variables suivantes: 1- la difficulté de reconnaissance des sons de la

⁽¹⁾ Ecole d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. centre-ville Montréal, Québec, H3C 3J7. Téléphone : 514 343-7617. Courriel: michel.picard@umontreal.ca.



parole dans le bruit; 2- la faiblesse de la mémoire phonologique immédiate et de la mémoire auditive à long terme ainsi que de la capacité de segmentation en phonèmes (habiletés phonologiques constituant l'ossature même de la capacité de lecture); et 3- le retard de lecture.

Les conséquences académiques de l'exposition chronique au bruit environnemental ont aussi été documentées par des études de cohortes dans d'autres sphères de compétence des élèves du primaire. À des épreuves normalisées en lecture, écriture et mathématiques, Shield et coll.⁹ démontrent que des enfants du primaire de la région londonienne (885 enfants de 2e et 1 151 élèves de 6e année) accusent des baisses à l'ensemble des épreuves de performance comparativement à des témoins appariés sur des variables critiques telles le milieu socio-économique et la scolarité des parents. Étudiant 11 000 résultats de tests normalisés complétés par des étudiants de 6^e année dans la couronne de l'aéroport Heathrow à Londres, Haines et coll.¹⁰ arrivent à peu de choses près au même résultat. La donnée bruit utilisée est le $L_{Aeq, 16\text{ hrs}}$ entre 7:00 et 23:00, lequel varie de 54 à 72 dBA.

Effet sur le traitement cognitif complexe et les comportements

Au chapitre des fonctions cognitives, Evans et coll.¹¹ ont montré que l'exposition chronique au bruit ajoutait à la difficulté de formes de

rappel complexes chez l'enfant. Comparant des élèves de 2^e année à profil hyperactif à des sujets témoins, Zental et Shaw¹² ont établi qu'une exposition ponctuelle au bruit diminuait leur rendement à de telles tâches ainsi qu'à la résolution des problèmes mathématiques complexes. Le bruit augmente aussi la propension à la manifestation de comportements dérangeants. Evans et coll.¹¹ ont peut-être offert une explication plausible à ces changements de comportement avec des enfants de 3^e et 4^e années vivant à proximité de grands aéroports urbains: invités à faire des casse-têtes complexes, ceux-ci ont manifesté une forte propension à l'abandon de tâches avec expression associée de frustration et comportements agressifs². Plus près de nous, Haines et coll.¹⁰ ont confirmé ce lien insidieux bruit-hyperactivité (même cohorte que celle étudiée par Stansfeld et coll.¹³).

Les effets de l'exposition à des niveaux excessifs de bruit se manifesteraient par ailleurs très tôt dans la vie. Ainsi, dès les premiers mois, soit à l'âge de cinq mois, Newman¹⁴ établit que des bébés ne prêteront attention à leur nom que s'ils sont interpellés alors que le rapport parole-bruit (RPB) est d'au moins 10 dB (émergence de la parole sur fond de voix enchevêtrées).

Le bruit en services de garde éducatifs

La fréquentation de la garderie comme phénomène sociologique

de la dernière décennie au Québec constitue un enjeu de taille. Avec une fréquentation à temps plein de ces services éducatifs par 84 % des 182 235 usagers québécois âgés de 6 mois à cinq ans¹⁵, la question préoccupe si l'on tient particulièrement compte du fait que ces jeunes sont alors à partager leurs énergies entre construction du langage et développement intellectuel, affectif et social.

Les sources de bruit en milieu de garde et les propriétés acoustiques des salles

Sur le plan acoustique, les travaux de Picard^{15,16} établissent que la garderie québécoise est un environnement excessivement bruyant avec des niveaux mesurés variant sur une base habituelle de 66 à 94 dBA dans 24 locaux. Si la propriété échoïque des salles ne contribue pas à l'accroissement des niveaux sonores, des analyses acoustiques fines révèlent que la composante principale du signal acoustique correspond à un flot ininterrompu de conversations à voix fortes¹⁶. Fait étonnant pour un milieu dont la mission première est d'œuvrer au développement physique, intellectuel, affectif, social et moral des enfants¹⁷. Pour des passages de discours tenus par les intervenants et choisis précisément parce que se détachant clairement du fond sonore (transmission de consigne, narration d'histoire ou chant d'animation à l'occasion d'activités structurées), des analyses acoustiques complémentaires révèlent un RPB caractéristique



de 12 dB dans une proportion de 85 % du temps. Dans la proportion résiduelle de 15 % des événements, le discours principal est masqué par des interventions inopportunes (éternuements, pleurs, cris ou conversations tenues en parallèle). Or, chez les enfants de 6-7 ans, Picard et Bradley¹⁸ indiquent qu'un RPB de 26 dB serait nécessaire pour qu'un signal masquant dénué de signification linguistique n'altère pas la reconnaissance de la parole. Qu'est-ce alors à dire de l'exigence qui serait requise d'enfants d'âge préscolaire fréquentant la garderie alors qu'ils sont exposés à un tumulte ininterrompu de voix enchevêtrées?

Les effets du bruit sur la capacité participative au discours

La réussite de la communication verbale dans des environnements sonores aussi complexes que ceux décrits par Picard^{16,17} en milieu de garde s'avère une aventure périlleuse. Il est peu probable en effet que l'on puisse y rencontrer les prescriptions de Picard et Bradley¹⁸ ou celle plus générale, pour le milieu scolaire, d'un RPB de 15 dB de l'ANSI¹⁹. Ceci vaut même de ces moments privilégiés où les intervenants s'adressent au groupe à l'occasion d'activités d'animation. Comme conséquence à ces conditions impropres à la réussite de la communication verbale, on peut prévoir deux problèmes de taille identifiés par Picard et Bradley: 1- une difficulté d'écoute significative à suivre le discours;

et 2- une obligation pour les intervenants de hausser la voix, passant du niveau conversationnel à la voix forte. La fatigue ou l'épuisement vocal devient, dans ces conditions, un risque prévisible comme les auteurs le constatent chez les professeurs, avec la conséquence associée d'une perte d'intelligibilité susceptible de compromettre encore davantage la capacité d'écoute des enfants.

Au premier chapitre, soit la difficulté d'écoute, Hicks et Tharpe²⁰ établissent que la reconnaissance de mots à RPB de 20 dB chez des enfants malentendants d'âge scolaire (6 à 11 ans) abaisse leur performance à effectuer un test secondaire d'identification de signaux lumineux confirmant que la tâche linguistique requiert un effort cognitif élevé pouvant mener à l'épuisement. De façon plus spécifique, on doit comprendre que le faible RPB auquel se tiendront typiquement les échanges verbaux en milieu éducatif (comprenant bien entendu les services de garde) peut ne laisser d'autre choix à l'enfant que de mettre en disponibilité les ressources cognitives de la mémoire de travail normalement attitrée au décodage phonologique (sorte de mémoire vive d'emmagasinage des derniers sons entendus), pour les consacrer au processus de reconnaissance des mots²¹. Cette obligation de transfert d'un type de tâche cognitive à une autre imposé par l'ambiguïté croissante des mots sous la poussée de niveaux croissants de signal masquant aura aussi

comme conséquence prévisible de compromettre la reconnaissance de la phrase²². Ultimement, c'est donc tout le processus de compréhension du discours qui sera mis en péril. Ainsi, la communication verbale en milieu de garde et l'apprentissage incident du langage par surexposition aux conversations non sollicitées tenues en parallèle, si important au développement de la compétence linguistique, pourront bel et bien être mis en péril par les mauvaises conditions acoustiques en services de garde éducatifs décrites par Picard^{15,16}. Des enfants emmurés par le bruit, quoi!

Les indications d'entrave à la communication verbale

La description de la mauvaise qualité de l'environnement sonore en garderie faite par Picard^{15,16} pourrait en fait être un déterminant important d'un problème plus vaste identifié dans les services de garde québécois. L'enquête *Grandir en qualité*²³, menée auprès de 905 groupes d'enfants répartis dans environ 650 établissements et offrant des services à quelque 145 000 enfants^{24,25,26}, révèle en effet que des services de qualité «bonne» à «très bonne», c'est-à-dire sans ambiguïté quant à leur «correspondance aux principes du programme éducatif», se retrouvent dans 60,6 % des pouponnières en installation publique et 41,8 % des CPE pour enfants d'âge préscolaire. En milieu privé, les proportions sont nettement plus basses avec des taux respectivement de 9,5 et 10,7 %. L'enquête a été menée entre mars et juin 2003.



Par rapport à l'objectif important poursuivi en services de garde éducatifs de développer la capacité linguistique de l'enfant^{18,27,28}, l'enquête de l'ISQ produit des résultats inquiétants concernant la qualité et la promotion des activités langagières ainsi que les conditions facilitant l'accessibilité auditive. Le constat vaut même si ces dimensions sont faiblement représentées dans la grille d'analyse et si l'enquête ne cible pas spécifiquement l'identification des facteurs susceptibles de compromettre la réussite de la communication verbale. On relève en effet à ce chapitre une proportion de seulement 30,3 % des items observés par l'ISQ se rapportant à des situations où l'écoute et la communication verbale sont habituellement requises, soit 421/1 388 éléments d'observation. Au sujet de l'implantation de mesures favorisant l'accessibilité auditive, seulement 1,51 % des points d'observation retenus par l'ISQ s'intéressent spécifiquement aux conditions acoustiques ou à la réduction du bruit (21/1 388 points d'observation).

Malgré la faible attention portée aux déterminants de la réussite de la communication verbale et aux mesures qui en feraient la promotion dans un environnement offrant une pleine accessibilité auditive, l'étude de l'ISQ fournit de nombreux indicateurs de difficulté au chapitre des interactions verbales entre intervenants et enfants ou entre enfants et ce, malgré l'adaptation du niveau de langage tenté

par les éducatrices. À titre indicatif, le tableau synoptique 1 fournit les cotes de qualité pour quelques-unes de ces observations de la sphère 'langage' sélectionnées à cause de leur contribution importante à la réussite de l'animation de groupe ou de la qualité du langage utilisé avec les enfants. Un examen du tableau montre ainsi des cotes de qualité variant de «faible» à «médiocre» pour une majorité des interactions verbales ciblées ou sous-jacentes à la réalisation d'une activité, correspondant à 15 cotations au bas de l'échelle sur une possibilité de 24 lorsque sont pris en compte les différents types d'établissement (sélection de six items par type d'établissement). Plus précisément, on dénombre cinq cotations «faibles», huit «très faibles» et deux «médiocres».

Ce premier niveau d'analyse suggère une communication verbale peu prolifique ou traduisant un faible niveau d'engagement des éducatrices à soutenir les enfants malgré l'utilisation d'un niveau de langage approprié. Cette situation pourrait aussi s'expliquer par la présence d'obstacles environnementaux (physiques, en particulier, telle la gêne exercée par le bruit). Si l'on conjugue le fait que les intervenants sont majoritairement qualifiés (formation minimalement de niveau collégial) et expérimentés (expérience d'au moins cinq ans) aux résultats d'analyse acoustique de Picard^{15,16}, on peut raisonnablement se demander

si les difficultés consignées au tableau 1 pourraient être reliées aux mauvaises conditions acoustiques limitant l'accessibilité auditive. En effet, le scénario alternatif du désintéressement des intervenants à l'endroit de l'activité de communication verbale ou à une faible motivation à soutenir les activités et apprentissages ne colle pas au portrait dressé de leur compétence.

Une analyse plus fine de la communication verbale en services de garde éducatifs a été réalisée par Baron-Riopel²⁸. L'auteure a filtré les items de la grille d'observation de l'ISQ pour étudier ceux faisant de la réussite de la communication verbale une condition essentielle à la réalisation d'activités ou décrivant un attribut essentiel de la dynamique de communication alors impliquée, pour obtention de la cote optimale de quatre points. Le tableau 2 fait état du pointage de ces items, au nombre de 21 à 29 selon les types d'établissement. Il énumère aussi les points d'observation que l'on retrouve dans la tranche de 10 % des cotations respectivement les plus élevées et les plus faibles, pour camper plus finement le poids de la préoccupation 'langage' en services de garde éducatifs. Le tableau 3 résume enfin la cotation des mesures prises dans les milieux pour assurer l'accessibilité auditive (total de 21 items). On réfère ici à l'appréciation d'initiatives visant la réduction du bruit fait par les enfants, le traitement acoustique des plafonds ou systèmes de chauffage/climatisation, le choix de jouets peu bruyants, etc.



En suivi des résultats du tableau 1, le tableau 2 révèle une fonction 'langage' faiblement cotée pour une majorité des types d'établissement étudiés (une cote «faible» et trois «passables» pour une seule «bonne»). Manifestement, le langage n'est pas un objet de jeu, d'ouverture à la connaissance et d'apprentissage (items 312, 314 et 317), si l'on fait exception de la préoccupation exprimée par l'item 335. Il est plutôt un véhicule de communication pour assurer des relations harmonieuses entre enfants (item 339) dans une facture appropriée selon les niveaux d'âge (items 325 et 326) et avec une préoccupation, chez les intervenants, de rester en contrôle par expression de leurs besoins, attentes et limites (item 3310). En ce qui a trait enfin aux mesures d'accessibilité auditive, le tableau 4 témoigne d'une faible préoccupation, peut-être en partie liée à la faiblesse structurelle de la

grille ISQ à ce chapitre.

Conclusions et recommandations

L'analyse de l'ensemble des résultats rapportés met en évidence les effets pervers d'une exposition chronique au bruit chez les enfants d'âge scolaire et préscolaire, en raison tout particulièrement de son potentiel à porter atteinte à la qualité de la communication verbale et à la compétence linguistique. En services de garde éducatifs, le tumulte dans lequel se réalisent les échanges verbaux met plus particulièrement l'enfant à risque de se désintéresser du langage comme objet ludique autant que comme levier d'accès à la connaissance et à la socialisation. Une difficulté d'écoute ou un effort de travail auditif trop important serait en cause du côté 'auditeur'. Chez les intervenants, la présente analyse ne permet pas d'expliquer le résultat singulier d'une pragmatique de

communication davantage centrée sur la gestion de groupe que sur la promotion du langage, en particulier dans un contexte où l'acoustique des salles ne semble pas constituer un obstacle physique majeur d'après les analyses de Picard¹⁷. La gestion du groupe serait peut-être simplement le reflet du problème de la montée du bruit d'activité des enfants lorsque l'animation fait défaut. En pareil cas, la revalorisation de la qualité de l'animation serait peut-être la réponse la plus judicieuse pour remettre le langage bien en selle comme outil d'apprentissage et de socialisation.

À un autre chapitre, la singulière interaction de la difficulté d'écoute chez les enfants, conjuguée à la mauvaise qualité des modèles linguistiques soumis à leur analyse auditive par effet masquant du bruit ou désintérêt des intervenants à vouloir parler au-dessus du tumulte, ne peut que contribuer à la faiblesse de l'émergence de la

Tableau 1. Qualité des interactions entre intervenants et enfants selon le milieu de vie (enquête ISQ²⁴)

| POUPONNIÈRE | COTE (/4) | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | LANGAGE APPROPRIÉ | INTERVENANTS DÉCODENT MESSAGE | CONSIGNES ADAPTÉES | SOUTIEN INITIATIVES DE JEU | AIDE À LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES | AIDE À LA RÉOLUTION DE CONFLITS |
| CPE | 3,73 TB | 3,82 TB | 3,83 TB | 2,2 faible | 2,17 faible | 2,78 passable |
| Privé | 3,53 TB | 3,45 bonne | 3,57 TB | 1,8 très faible | 1,78 très faible | 2,19 faible |
| ÉTABLISSEMENT PRÉSCOLAIRE | CONSIGNES ADAPTÉES | SOUTIEN INITIATIVES DE JEU | PÉRIODES DE RETOUR/ RÉFLEXION | PARTAGE DE PRISE DE DÉCISION | AIDE À LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES | SOUTIEN À L'ENTRAIDE |
| CPE | 3,9 TB | 1,91 très faible | 1,48 médiocre | 2,25 faible | 2,09 faible | 1,98 très faible |
| Privé | 3,75 TB | 1,59 très faible | 1,33 médiocre | 1,84 très faible | 1,68 très faible | 1,75 très faible |



conscience phonologique. Ce problème serait en outre exacerbé par l'appauvrissement de la communication verbale découlant de la forte prévalence d'otites de l'oreille moyenne en services de garde et du tableau clinique associé d'une baisse momentanée de capacité auditive. Rovers et coll.²⁹ sont explicites sur ce point: la fréquentation de la garderie agit comme vecteur de propagation de la maladie (apparition, autant que récurrence). Or, lorsque la condition de chronicité d'otite de l'oreille moyenne est établie, Vernon-Feagans et Manlove³⁰ montrent que

25 % des enfants de deux ans inscrits en bas âge à un noyau de garderies considérées de qualité moindre (soit 18 des 72 enfants étudiés), font preuve de moins d'initiative dans les activités langagières et font l'objet en contrepartie d'un plus petit nombre d'interactions verbales initiées par les intervenants.

Pareil constat d'un appauvrissement de la qualité autant que de la quantité des communications verbales initiées par les enfants ou qu'on leur destine, s'il devait s'avérer comme une conséquence directe et inéluctable de la fréquentation

des services de garde éducatifs, devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie. Les grandes enquêtes québécoises devraient donc être réorientées en conséquence pour que l'instrument exceptionnel de connaissance et de socialisation qu'est le langage soit exploité à sa juste valeur pour le plus grand bénéfice des enfants. Dans ce sens, de nouvelles enquêtes devraient comporter un volet documentaire des activités langagières offertes en services de garde éducatifs ainsi qu'une évaluation de la pragmatique de communication en situation d'activités structurées représentatives. Dans l'intérim et dans le

Tableau 2. Cotation des items où la réussite de communication est essentielle à la réalisation de l'activité en services de garde éducatifs selon Baron-Riopel³¹

| | CPE 18-60 MOIS | GARD. PRIV. 18-60 MOIS | CPE MOINS DE 18 MOIS | GARD. PRIV. MOINS 18 MOIS | GARD. MILIEU FAMILIAL |
|---|--|------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Nombre d'items retenus | 25 | 25 | 21 | 21 | 29 |
| Moyenne/4 | 2,79 | 2,44 | 3,05 | 2,66 | 2,61 |
| Qualification | Passable | Faible | Bonne | Passable | Passable |
| Cotations langagières les plus faibles | Item 312: le responsable soutient les initiatives personnelles des enfants dans leurs jeux Item 314: le responsable soutient les 18-60 dans le processus de planification d'ateliers libres ou de choix d'ateliers Item 317: le responsable organise une période de réflexion ou un retour agréable sur les activités réalisées par les enfants. | | | | |
| Cotations langagières les plus élevées | Items 325, 326: l'éducatrice formule des consignes adaptées aux groupes d'enfants Item 339: le responsable favorise les interactions harmonieuses entre enfants Item 310: l'éducatrice exprime ses besoins, ses limites, ses attentes et ses sentiments Item 331: le responsable est à l'écoute des enfants Item 335: le responsable soutient l'éveil d'habiletés au regard du langage écrit | | | | |

Tableau 3. Cotation des mesures d'accessibilité auditive prises en services de garde éducatifs selon Baron-Riopel³¹

| | CPE 18-60 MOIS | GARD. PRIV. 18-60 MOIS | CPE MOINS DE 18 MOIS | GARD. PRIV. MOINS 18 MOIS | GARD. MILIEU FAMILIAL |
|----------------------|----------------|------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Moyenne/4 | 2,67 | 2,26 | 3,02 | 2,43 | 2,68 |
| Qualification | passable | faible | bonne | faible | passable |



respect du principe de précaution lorsque la connaissance fait défaut, les mesures d'atténuation suivantes devraient être mises de l'avant :

1- maintien de la taille des groupes à un ratio de l'ordre d'un intervenant pour six enfants, chaque groupe étant attiré pour ses activités usuelles à un local fermé répondant aux prescriptions de l'ANSI S12.60- 2002; le ratio peut être de 9 enfants pour une éducatrice s'il y a présence d'aide (assistantat). En situation d'intégration d'un enfant à basse capacité auditive, la formule de l'assistantat ne pourrait être appliquée;

2- achat de mobilier et de jouets non bruyants (c'est-à-dire générant un niveau sonore de 40 dBA ou moins, à 1 mètre en condition normale d'utilisation) et modification en conséquence du mobilier existant (en munissant notamment toutes les pattes de chaises de balles de tennis);

3- prohibition de la fusion de groupes même avec mesures d'atténuation par l'ajout de personnel ou l'attribution de locaux plus spacieux;

4- prohibition de coins 'TV' 'musique' ou 'ordinateur' qui ne soient pas entièrement fermés lorsqu'ils sont dans un local de groupe;

5- affectation à des groupes d'appartenance n'excédant pas six enfants dans les cas suivants: présence d'un enfant dont le français ou l'anglais n'est pas la langue maternelle; présence d'un enfant malentendant ou à retard de langage. Ce plafond devrait être abaissé à quatre en présence de deux de

ces enfants, pour définir une limite supérieure d'affectation de cas lourds par groupe.

Références

1. Evans GW. (2006). Child development and the physical environment. *Annu Rev Psychol*, 57, 423-51.
2. Evans GW, Lepore SJ. (1993). Non-auditory effects of noise on children: a critical review. *Children's Environ*, 10(1), 42-72.
3. Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, et coll. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*, 365 (4), 1942-9.
4. Clark C, Martin R, van Kempen E, et coll. (2006). Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension -The RANCH project. *Am J Epidemiol*, 163 (1), 27-37.
5. Eagan ME, Anderson F, Nicholas B, et coll. (2004). Relation between aircraft noise reduction in schools and standardized tests scores. *FICAN public forum at the UC Berkeley noise symposium*, California.
6. Hygge S, Evans GW, Bullinger M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13, 469-74.
7. Federal Interagency Committee on Aviation Noise (2000). FICAN position on research into effects of aircraft noise on classroom learning. Disponible sur le site Web: www.fican.org/.
8. Watson BU, Miller TK. (1993). Auditory perception, phonological processing, and reading ability/disability. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, 850-63.
9. Shield B, Dockrell J, Jeffery R, et coll. (2002). The effects of noise on the attainments and cognitive performance of primary school children. School of Engineering systems and design, South Bank University, London.
10. Haines MM, Stanfeld SA, Brentall B, et coll. (2001). West London schools study: the effect of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychol Med*, 31, 1385-96.
11. Evans GW, Hygge S, Bullinger M. 1995. Chronic noise and psychological stress. *Psychol Sci*, 6, 333-8.
12. Zental SS, Shaw JH. (1980). Effects of classroom noise on performance and activity of second-grade hyperactive and control children. *J Educ Psychol*, 72, 930-40.
13. Newman RS. (2005). The cocktail party effect in infants revisited: listening to one's name in noise. *Dev Psychol*, 41(2), 352-62.
14. Ministère de la Famille, des Aînés et de la Condition féminine (MFAFC) (2004). Profil des utilisateurs des services de garde. Disponible sur le site Web www.mfacf.gouv.qc.ca/statistiques/services-de-garde/profil-utilisateurs.asp.
15. Picard M, Boudreau C. (1999). Characteristics of the noise found in day-care

centres. *J Acoust Soc Am*, 105(2), 1127.

16. Picard M. (2004). *Characteristics of the noise, reverberation time and speech-to-noise ratios found in day-care centres*. XVIII^e International Congress of Acoustics, ICA-2004. Kyoto, Japan.

17. Ministère de la Famille et de l'Enfance (MFE) (1997). *Loi sur les services de garde à l'enfance*. L.R.Q., ch.S-4.1, art. 1.

18. Picard M, Bradley, JS. 2001. Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*, 40, 221-44.

19. American National Standards Institute (ANSI). (2002). *Acoustical performance criteria, design requirements and guidelines for schools*. ANSI 12.60. American National Standards Institute, Melville.

20. Hicks CB, Tharpe AM. (2002). Listening effort and fatigue in school-age children with and without hearing loss. *J Speech Lang Hear Res*, 45(3), 573-84.

21. Rabbitt R. (1966). Recognition: memory for words correctly heard in noise. *Psychon Sc*, 6, 383-4.

22. Montgomery, JW. (1995). Sentence comprehension in children with specific language impairment: the role of phonological working memory. *J Speech Hear Res*, 38, 187-99.

23. Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2003). *Grandir en qualité 2003*. Enquête québécoise sur la qualité des services de garde éducatifs. Québec, Institut de la statistique.

24. Fournier C. et C. Drouin. (2004a). *La qualité éducative dans les garderies privées – faits saillants, fascicule no 3*. Enquête québécoise sur la qualité des services de garde éducatifs. Québec, Institut de la Statistique du Québec.

25. Fournier C. et C. Drouin. (2004b). *La qualité éducative dans les installations de centres de la petite enfance – faits saillants, fascicule no 1*. Enquête québécoise sur la qualité des services de garde éducatifs. Québec, Institut de la Statistique du Québec.

26. Bourgon L. et C. Lavallée. (2004). *Échelle d'observation de la qualité éducative. Les services de garde en installation pour les enfants de 18 mois et plus*. Québec, Direction des communications, Ministère de l'emploi, de la solidarité sociale et de la famille.

27. Ministère de l'Emploi, de la Solidarité sociale et de la Famille (MESSF) (2004). *Un Québec digne des enfants*. Québec. Direction générale des politiques familiales.

28. Baron-Riopel A. (2006). *L'utilisation du langage en services de garde selon l'enquête Grandir en qualité*. Rapport inédit de stage de recherche en audiologie. Université de Montréal.

29. Rovers MM, Zielhuis GA, Ingels K et coll. (1999). Day-care and otitis media in young children: a critical overview. *Eur J Pediatr*, 158, 1-6.

30. Vernon-Feagans L, Manlove EE (2005). Otitis media, the quality of child care, and the social/communicative behaviour of toddlers: A replication and extension. *Early Child Res Q*, 20(3), 306-28.



NITRATES, EAU POTABLE ET SANTÉ DE L'ENFANT

DENISE PHANEUF⁽¹⁾

La présence de nitrates dans l'eau souterraine utilisée pour la consommation humaine est de plus en plus souvent rencontrée sur notre planète, en particulier dans les endroits où se pratique une agriculture intensive. Il s'agit donc d'un paramètre pour lequel des normes ou des critères ont été développés par les instances impliquées dans la protection de la santé publique. Les recommandations concernant les nitrates dans l'eau potable ont cependant la particularité d'avoir été élaborées pour prévenir un effet aigu chez les enfants : la méthémoglobinémie. La norme pour l'eau potable au Québec de 10 mg-N/l⁽²⁾ est similaire aux valeurs rencontrées ailleurs dans le monde.

La toxicité des nitrates résulte de leur transformation en nitrites. Ces derniers peuvent réagir avec le fer de l'hémoglobine des globules rouges et entraîner la formation subséquente de méthémoglobine. C'est pour prévenir l'apparition de méthémoglobinémie chez le nourrisson que la concentration de 10 mg-N/l de nitrate dans l'eau potable est recommandée.

Une évaluation du risque à la santé pouvant être associée à la présence de nitrates dans l'eau souterraine a été réalisée dans le cadre d'un vaste projet intitulé « Étude sur la qualité de l'eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé ¹. Cette évaluation du risque concernait le risque de méthémoglobinémie chez le nourrisson et le risque de cancer. Dans le cadre d'une réflexion sur l'environnement et la santé de l'enfant, nous allons revoir les grandes lignes de cette évaluation du risque concernant la méthémoglobinémie et faire ressortir des points importants concernant l'évaluation du risque chez les enfants. Le lecteur voulant en apprendre davantage sur le sujet pourra se référer au rapport.

Exposition

Sans aucune influence d'activités humaines, les concentrations de nitrates dans l'eau sont faibles (inférieures à 0,2mg-N/l) et l'exposition se fera principalement par les aliments. Cependant, si les concentrations de nitrates dans l'eau potable excèdent la norme, la contribution de l'eau à la dose totale sera beaucoup plus importante.

Pour les nourrissons, le scénario d'exposition est légèrement différent. Dans le cas des nourris-



sons alimentés au lait maternisé, l'eau utilisée pour la préparation du lait est la seule source de nitrates. Le lait maternisé peut donc devenir une source importante d'exposition aux nitrates lorsque l'eau utilisée pour sa préparation est contaminée. Pour les nourrissons allaités, l'apport en nitrates est considéré comme négligeable.

Les concentrations de nitrites (responsables de la méthémoglobinémie) sont très faibles dans l'environnement. Toute substance azotée a tendance à se transformer en nitrates puisque ces derniers sont la forme la plus stable dans l'environnement.

Outre les différentes sources externes de nitrates (aliments et eau de consommation), il ne faut pas oublier la production endogène de nitrates. Approximativement 1 mg/kg/j de nitrates serait produit par l'organisme sans qu'il y ait d'apport externe. Cette production est fortement augmentée dans le cas de maladies infectieuses ou inflammatoires, et particulièrement la diarrhée.

⁽¹⁾ Pharmacienne, Unité Santé et environnement, Direction de la toxicologie humaine, Institut national de santé publique du Québec, 945, avenue Wolfe, Québec (Québec) G1V 5B3. Téléphone: 418-650-5115, poste 5206; télécopieur: 418-654-3144. Courriel: denise.phaneuf@inspq.qc.ca.

⁽²⁾ Les concentrations de nitrates sont exprimées ici en équivalent « azote de nitrate ». Les équivalents sont les suivants : 1mg-N/l = 4,43 mg de nitrate NO₃/l.



Métabolisme

Le métabolisme joue un rôle très important dans la toxicité des nitrates. En effet, les nitrates ingérés sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle, dont une partie (soit environ 25 %) est sécrétée dans la salive. La microflore buccale réduit environ 20 % de ces nitrates sécrétés en nitrites. On estime donc qu'environ 5 % des nitrates ingérés seront réduits en nitrites dans la salive.

Une fois absorbés, les nitrates seront éliminés dans les urines avec une demi-vie d'excrétion estimée à 5 heures.

En ce qui concerne les nitrites, bien que l'on ne dispose pas de données sur leur absorption gastro-intestinale, la formation de méthémoglobinémie subséquente nous laisse croire qu'ils sont absorbés. Une fois dans le sang, les nitrites réagiront avec l'hémoglobine pour produire la méthémoglobine. Les nitrites pourraient également réagir avec certains composés aminés (amines, amides, etc.) présents dans l'alimentation pour former une classe de composés nommés composés N-nitrosés, dont certains sont soupçonnés être cancérigènes. Il faut souligner que certaines substances comme la vitamine C et autres antioxydants pourraient inhiber la réaction des nitrites avec l'hémoglobine et les composés aminés et avoir ainsi un effet protecteur.

Méthémoglobinémie

La méthémoglobine est une forme d'hémoglobine dans laquelle le fer

est présent sous forme oxydée ou ferrique incapable de transporter l'oxygène. Il existe un niveau physiologique de méthémoglobine de l'ordre de 1 à 2 %^(b). La méthémoglobinémie clinique avec cyanose apparaît dès que le taux de méthémoglobine atteint 10 %².

La méthémoglobinémie provoquée par les nitrates dans l'eau de boisson a principalement été observée chez les enfants de moins de 3 mois. Les nourrissons semblent beaucoup plus susceptibles de développer la méthémoglobinémie en raison des facteurs suivants¹:

- La faible acidité gastrique permettant la prolifération des bactéries nitrates-réductrices;
- L'incidence accrue de gastro-entérites favorisant aussi la prolifération de ces bactéries;
- L'hémoglobine fœtale qui prédomine pendant les premiers mois de la vie est particulièrement sensible à l'action oxydante des nitrites;
- Le système enzymatique responsable de la réduction physiologique de la méthémoglobine en hémoglobine est moins efficace chez le nourrisson;
- L'apport en liquide du nourrisson très élevé par rapport à son poids corporel.

Plusieurs cas de méthémoglobinémie associés à la consommation d'eau contaminée par les nitrates ont été rapportés chez les très jeunes enfants. En 1951, Walton³ publiait une enquête réalisée

auprès de 47 états américains dans laquelle il répertoriait 317 cas de méthémoglobinémie du nourrisson survenue de 1939 à 1949. Au moins 39 (12,3 %) de ces enfants étaient décédés et la concentration de nitrates était connue dans 214 cas. Dans la grande majorité des cas (80,8 %), la concentration de nitrates détectée dans l'eau était supérieure à 50 mg-N/l. Aucun cas n'a été observé lorsque les concentrations étaient inférieures à 10 mg-N/l et dans seulement 2,3 % des cas, les concentrations de nitrates se situaient entre 11 et 20 mg-N/l. Cette publication est à l'origine des normes et recommandations pour les nitrates dans l'eau potable.

Plusieurs autres études de cas, expérimentales et épidémiologiques, ont été publiées depuis. Toutes ces études concordent pour relier la consommation de nitrates dans l'eau et l'augmentation du taux de méthémoglobine chez les nourrissons. Toutefois, ces augmentations des niveaux de méthémoglobine sont en général faibles et semblent plus fréquentes chez les enfants souffrant de diarrhée. De plus, il semble que les enfants recevant un apport suffisant en vitamine C seraient « protégés ». Il est très difficile d'établir la relation entre les concentrations de nitrates mesurées dans l'eau et les niveaux de méthémoglobine, mais il serait exceptionnel d'observer des cas de méthémoglobinémie clinique à des concentrations inférieures à 20 mg-N/l.

La relation entre l'augmentation des taux de méthémoglobine et la

^(b) Les concentrations sanguines de méthémoglobine sont le plus souvent indiquées en pourcentage d'hémoglobine transformé en méthémoglobine.



présence de nitrates dans l'eau est cependant contestée. Une des thèses avancées veut que ce soit la contamination microbienne des biberons qui serait responsable de la transformation des nitrates en nitrites à l'intérieur du biberon avant d'être ingérés⁴. Une deuxième thèse veut que ce soit la présence d'infections gastro-intestinales et l'inflammation qui s'en suit qui activerait la production d'oxyde nitreux responsable de l'apparition de méthémoglobinémie⁵. Pour leur part, Knobloch *et al*⁶ contestent ces deux théories. Selon eux, des cas de méthémoglobinémie sont apparus sans qu'il y ait contamination microbienne de l'eau, et la majorité des cas de méthémoglobinémie ne sont pas suffisamment documentés pour permettre de conclure qu'il y a toujours présence de gastro-entérite.

Modélisation

Les différentes études réalisées chez l'humain nous démontrent le lien entre les nitrates et l'augmentation de la méthémoglobine. Mais, tel que mentionné précédemment, plusieurs points au niveau des facteurs favorisant ou inhibant la formation de méthémoglobine ou des mécanismes d'action impliqués demeurent inconnus. La réalisation d'une évaluation du risque basée sur un modèle toxicocinétique apparaît être une étape importante dans la compréhension du phénomène. La formation de méthémoglobine étant au point de départ un phénomène physiologique avec ses vitesses de formation et de

réparation, l'élaboration d'un modèle toxicocinétique peut nous permettre de décrire les variations de concentrations de méthémoglobine dans le temps.

À partir de ces considérations, nous avons donc élaboré un modèle toxicocinétique pour décrire la variation des concentrations de méthémoglobine dans le temps en fonction d'une dose donnée de nitrates. Il s'agit d'un modèle unicompartmental. Les détails de calcul de ce modèle ne seront pas décrits ici et le lecteur intéressé peut se référer au rapport complet¹. Nous discuterons de trois paramètres importants inclus dans le modèle :

- La quantité de nitrites formée à partir des nitrates dans la salive;
- La constante de formation et de réparation de la méthémoglobine;
- Les simulations Monte Carlo.

Quantité de nitrites formés à partir des nitrates dans la salive

Ce point est d'une très grande importance dans l'évaluation du risque de méthémoglobinémie chez les nourrissons, car en absence de formation de nitrites à partir des nitrates il n'y a pas de formation de méthémoglobine. On a l'habitude de considérer que 5 % d'une dose de nitrates ingérée sera transformé en nitrites. Cette valeur dérive d'études dans lesquelles des volontaires ont ingérés une dose connue de nitrates et où les concentrations salivaires de nitrites ont par la suite été mesurées. Pour connaître le bien fondé de cette valeur de 5 % ainsi que la variabilité

lui étant associée, une réévaluation de toutes ces études a été réalisée. Les données individuelles de concentrations salivaires de nitrites pour les différentes doses de nitrates présentées dans ces études ont été compilées et les statistiques en découlant calculées.

L'évaluation de ces études a permis de constater qu'aucune d'entre elles n'a été réalisée chez les enfants qui représentent pourtant et de loin, le groupe le plus sensible lorsque l'on s'intéresse à la méthémoglobinémie associée aux nitrates. Les taux de transformation de nitrates en nitrites varient entre les individus : le 10^e centile de la distribution a une valeur de 1 %, le 90^e 11 %, la moyenne arithmétique 5 % et la moyenne géométrique 3 %.

La constante de formation et de réparation de la méthémoglobine

Il existe peu de données décrivant la cinétique de formation et de réparation de la méthémoglobine à partir des nitrites. Des valeurs de constantes de formation (K_a) et d'élimination (K_{el}) ont été retrouvées dans la publication de Kirk *et al*⁷. Dans cette étude, les auteurs ont suivi les concentrations sanguines de méthémoglobine chez quatre patients ayant reçu du nitrite de sodium pour traiter une intoxication aux cyanures.

Ces données restreintes permettent tout de même de constater qu'il existe une variabilité entre les patients par rapport aux taux de formation et de réparation de la



méthémoglobine. Encore une fois, il faut constater que ces données proviennent d'adultes et que celles chez les enfants sont inexistantes. Pour tenir compte du fait que le système de réparation est moins efficace chez les très jeunes enfants, nous avons divisé par deux la valeur de la constante de réparation (K_{el}) retrouvée dans cette étude.

Simulations Monte Carlo

En plus des paramètres décrits plus haut (quantité de nitrites formés, taux de formation et de réparation de la méthémoglobine), d'autres arguments ont été pris en considération pour construire le modèle toxicocinétique : poids corporel des nourrissons, consommation d'eau, concentration d'hémoglobine dans le sang, concentration de nitrates dans les puits. Dans une population, tous ces paramètres sont variables d'un individu à l'autre, ce qui a pour conséquence logique que pour une concentration donnée de nitrates dans l'eau potable la concentration de méthémoglobine qui en résultera variera d'un nourrisson à l'autre. Les simulations Monte Carlo permettent de reproduire cette variabilité populationnelle. Ainsi, une fois développée, l'équation toxicocinétique décrivant les concentrations de méthémoglobine en fonction des concentrations de nitrates permet d'attribuer une distribution de valeurs pour la majorité des arguments la constituant. Ainsi, en résolvant l'équation grâce aux simulations Monte Carlo, nous obtenons une distribution de concentrations de méthémoglobine pour une population de nourrissons.

Résultats

Dans le cadre du projet intitulé « Étude sur la qualité de l'eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé » des concentrations de nitrates ont été mesurées dans des puits utilisés pour la consommation humaine. Le modèle toxicocinétique développé a permis d'évaluer le risque pour les nourrissons des régions à l'étude, de développer une méthémoglobinémie. Les concentrations de nitrates mesurées dans l'étude étaient faibles (87 % des puits présentant des concentrations mesurées de nitrates < 3 mg-N/l). Pour ces concentrations de nitrates, les simulations nous confirment qu'il est peu probable qu'une augmentation des niveaux de méthémoglobine puisse être observée chez les nourrissons de 15 jours à 8 semaines. En effet, le 97,5^e centile de la distribution des concentrations de méthémoglobine obtenue résulte en une augmentation de 2 % des niveaux de méthémoglobine et ce, seulement pour les nourrissons âgés de 4 semaines.

Les simulations de Monte Carlo permettent de réaliser une analyse de sensibilité, c'est-à-dire de définir les paramètres de l'équation étant responsables de la plus grande variabilité du système. Dans le cas présents, une part importante de la variabilité (~70 %) est associée à la concentration de nitrates dans l'eau, suivie par le taux de transformation de nitrates en nitrites (~20 %).

Il est pertinent de se demander quelles sont les augmentations du

niveau de méthémoglobine qui pourraient être observées si les concentrations de nitrates dans l'eau étaient supérieures à celles mesurées dans l'étude. L'exercice a été repris pour des nourrissons de 4 semaines en considérant des concentrations de nitrates dans l'eau de 10, 20 ou 36^(c) mg-N/l. Nous retrouvons au tableau 1 (voir page suivante) les concentrations moyennes et maximales^(d) de méthémoglobine prévues par le modèle toxicocinétique.

Ce tableau est intéressant du fait que les résultats qui y sont présentés concordent avec ce qui est observé dans les différentes études menées chez l'humain. À une concentration de 10 mg-N/l, le risque de présenter une méthémoglobinémie de plus de 10 % est à peu près nul. Par contre, les nourrissons consommant une eau contenant 20 mg-N/l de nitrates présentent environ 2,5 % de risques d'avoir une méthémoglobinémie de 10%. Ceci correspond relativement bien aux données de la littérature montrant que ce ne sont pas tous les enfants qui développeront une méthémoglobinémie de 10 % à des concentrations de nitrates de 20 mg-N/l. Enfin, à une concentration de 36 mg-N/l, le risque de développer une méthémoglobinémie importante sera plus grand, un nourrisson ayant environ 20 % de risques de développer une méthémoglobinémie supérieure à 10 %.

^(c) Le choix de 36 mg-N/l repose sur le fait qu'il s'agit de la concentration de nitrates la plus élevée mesurée dans l'étude.

^(d) Les concentrations de méthémoglobine dans le sang ne sont pas un phénomène statique et varient dans le temps en fonction du moment de l'ingestion de l'eau et du processus de réparation.



Discussion

Le modèle toxicocinétique présenté ici constitue un exercice très intéressant et met à notre disposition un outil supplémentaire pour gérer les risques. Ce modèle comporte également des limites et devra être bonifié. Premièrement, il faut mentionner que le modèle ne tient pas compte de la présence possible d'infections chez les enfants, en particulier les diarrhées. Bien que pour l'instant rien ne nous permet de conclure que tous les cas de méthémoglobinémie sont associés aux nitrates chez le nourrisson, nous ne pouvons pas non plus nier son rôle dans le développement de cette pathologie.

Il faudrait également dans de futurs développements tenir compte du rôle protecteur que semble apporter l'apport en antioxydants, en particulier la vitamine C. Cet effet protecteur a plusieurs fois été rapporté dans les études épidémiologiques. D'un point de vue biochimique, cet effet protecteur de la vitamine C est plausible. En effet, au niveau des réactions d'oxydo-réduction, la vitamine C a le potentiel de réduire les nitrites et de les

rendre ainsi inaptes à réagir avec l'hémoglobine.

Une constatation importante ressortant de l'élaboration de ce modèle est le manque flagrant de données concernant les paramètres associés aux enfants. On constate souvent la pauvreté des banques de données pour la population adulte mais elles sont le plus souvent inexistantes en ce qui concerne les enfants. Pensons par exemple aux taux de transformation de nitrates en nitrites qui est la pierre angulaire de toute évaluation du risque concernant les nitrates. Aucune étude n'a été réalisée à ce sujet chez les enfants. On considère également que le système enzymatique responsable de la réduction physiologique de la méthémoglobine en hémoglobine est moins efficace chez le nourrisson, mais qu'encore une fois, il n'existe aucune donnée permettant de quantifier le phénomène.

Un dernier point méritant d'être souligné est l'apport important que procure l'évaluation du risque au niveau de la compréhension et de la gestion des problématiques en santé environnementale. L'évalua-

tion du risque et le développement de modèle qui y est associé nous permettent de mieux comprendre les mécanismes impliqués, de visualiser l'importance de chacun des paramètres les uns par rapport aux autres et de faire ressortir les points qui méritent d'être étudiés davantage. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'on se penche sur la santé des enfants, car ces derniers présentent souvent des systèmes enzymatiques immatures et qui sont moins à même de métaboliser rapidement certaines substances toxiques. Les apports en eau et en aliments sont le plus souvent supérieurs à ceux des adultes sur une base de poids corporel. Par le fait qu'elle cherche à définir tous ces paramètres et bien d'autres, l'évaluation du risque constitue un outil de choix pour traiter ces problématiques.

Références

1. Phaneuf D, Chaussé K, Pantako O, Levallois P (2004) *Évaluation du risque à la santé pour la population exposée aux nitrates présents dans l'eau potable. Étude sur la qualité de l'eau potable dans les sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé*. Institut national de santé publique du Québec et Unité de recherche en santé publique, Centre de recherche du CHUL (CHUQ) Disponible: http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/331-BassinsVersantsFumier_Nitrates.pdf
2. Levallois P, Phaneuf D (1994). La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé. *Revue canadienne de santé publique* 85(3) : 192-6.
3. Walton GW, (1951) Survey of the literature relating to infant methemoglobinemia due to nitrate-contaminated water. *Am J Public Health*, 41, 986-996.
4. L'hirondelle JL (1998) L'innocuité des nitrates alimentaires *Médecine/Science* 14 :636-9.
5. Avery AA (1999) Infantile methemoglobinemia : reexamining the role of drinking water nitrates *Environ Health Perspect* 107 : 583-586
6. Knobloch L, Salna B, Hogan A, Postle J, Anderson H (2000) Blue babies and nitrate-contaminated well water *Environ Health Perspect* 108 :675-678.
7. Kirk MA, Gerace R, Kulig KW (1993) Cyanide and methemoglobin kinetics in smoke inhalation victim treated with the cyanide antidote kit *Ann Emerg Med* 22 (3): 1413-1418.

Tableau 1. Distribution des concentrations de méthémoglobine (%) pour des nourrissons de 4 semaines exposés à 3 concentrations différentes de nitrates dans l'eau potable

| Concentrations de nitrates (mg-N/l) | | CONCENTRATIONS DE MÉTHÉMOGLOBINE | | |
|-------------------------------------|-----|----------------------------------|-------------|---------------|
| | | 50° centile | 95° centile | 97,5° centile |
| 10 | moy | 1 | 3 | 5 |
| | max | 1 | 5 | 7 |
| 20 | moy | 1 | 7 | 10 |
| | max | 1 | 9 | 13 |
| 36 | moy | 2 | 12 | 18 |
| | max | 3 | 16 | 24 |



EXPOSITION AU MANGANÈSE DANS L'EAU POTABLE ET COMPORTEMENTS HYPERACTIFS CHEZ DES ENFANTS D'ÂGE SCOLAIRE

MARYSE BOUCHARD ⁽¹⁾

Introduction

Il est maintenant reconnu que l'exposition à certains métaux, tels le plomb et le mercure, interfère avec le développement du système nerveux des enfants. Ces connaissances ont éveillé l'intérêt de la santé publique et conduit à la mise en place de mesures pour réduire l'exposition à ces métaux. Selon de récentes études épidémiologiques et animales, le manganèse (Mn) est un métal qui pourrait aussi avoir des effets néfastes sur le développement neurologique. D'une part, il est connu qu'une petite quantité de manganèse est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme et que le risque de carence en manganèse est pratiquement nul, les besoins étant facilement comblés par l'alimentation; un seul cas de déficience induit expérimentalement ayant été rapporté dans la littérature. D'autre part, une surexposition au manganèse, principalement par inhalation, peut causer des effets neurotoxiques.

⁽¹⁾ Professeure associée, Centre de recherche interdisciplinaire sur la biologie, la santé, la société et l'environnement (CINBIOSE), Université du Québec à Montréal, SB-1980, Case postale 8888, Succursale Centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3P8. Téléphone: 514-987-3000, poste 6684; télécopieur: 514-987-6183. Courriel: bouchard.maryse@uqam.ca.

Les propriétés neurotoxiques du manganèse sont connues depuis 1858, après que le médecin anglais James Couper, ait rapporté l'étrange syndrome d'intoxication dont souffraient des travailleurs de mines de minerai riche en manganèse. Plusieurs de ces mineurs ont en effet développé le *manganisme*, une atteinte grave du système nerveux central. Il s'agit d'un syndrome progressif et invalidant dont le développement peut être divisé en trois phases :

- La première est une phase précoce où l'on observe une symptomatologie qui n'est pas spécifique. On peut alors observer fatigue, asthénie, apathie, léthargie, faiblesse des membres inférieurs, changement de l'humeur (irritabilité, nervosité, agressivité), anorexie, insomnie ou somnolence, pertes de mémoire, troubles de concentration, douleurs musculaires, arthralgie, céphalées, troubles de la sexualité (libido).
- La seconde phase représente le début de la maladie. On note alors paresthésie, trouble de la parole (ton monocorde, bégaiement) et de la démarche (perte d'équilibre, difficulté à marcher à reculons), légers tremblements, difficulté à écrire, diminution de la dextérité manuelle, faciès figé, instabilité



émotionnelle, troubles de la mémoire et du jugement, mouvements lents et maladroits, rires et pleurs incontrôlés. On peut également observer, à ce stade ou au suivant, une psychose maniaco-dépressive (hallucinations, troubles psychiatriques).

- Dans la troisième phase, lorsque la maladie est bien établie, on note une dystonie sévère du tronc et des extrémités; les tremblements lors des mouvements intentionnels sont plus fréquents et sont associés à des mouvements ralentis et plus raides. On peut également observer une démarche hésitante et caractéristique (démarche du coq), une dysphagie, une incoordination motrice, des mouvements musculaires spasmodiques de la musculature crânienne, ce qui peut donner des tics, des grimaces ou le torticolis.

L'exposition au manganèse entraîne une accumulation de ce dernier dans les noyaux gris centraux (structures sous-corticales), et plus particulièrement dans le *globus pallidus*. L'action toxique du manganèse sur les neurones cause un déséquilibre de l'activité de plusieurs neurotransmetteurs, dont la dopamine et l'acide γ -aminobutyrique (GABA).



Il importe de noter que la vaste majorité des connaissances sur les effets neurotoxiques du manganèse proviennent d'études en milieu de travail. Depuis l'époque de James Couper, de très nombreux cas de manganisme ont été rapportés. Les personnes touchées étaient des travailleurs de différents milieux de travail où des particules aéroportées de manganèse sont présentes en concentration généralement supérieure à 1 mg de Mn/m³, soit des mines et des usines de traitement du minerai de manganèse, des usines de production d'alliages de manganèse, et des endroits où s'effectuent de fréquentes opérations de soudure. Lors d'une plus faible exposition, le risque de manganisme diminue, mais des effets sous-cliniques peuvent être observés. Ces effets peuvent toucher les fonctions motrices (tremblements, difficulté à effectuer des mouvements rapides alternatifs, rigidité musculaire, problèmes posturaux) et cognitives (vitesse de réaction, mémoire, capacité d'attention), et produire des désordres psychologiques (dépression, irritabilité, anxiété, agressivité, confusion).

Exposition à des concentrations élevées de manganèse dans l'eau potable

Si les effets de l'exposition au manganèse par inhalation sont assez bien connus, il en va autrement des effets possibles de l'exposition via l'eau potable. Pourtant, le manganèse peut parfois être présent à des concentrations élevées dans les eaux souterraines, notamment

au Québec. Les études menées sur les effets de l'exposition au manganèse par l'eau potable indiquent des risques potentiels pour le système nerveux des enfants. La première d'entre elles, menée en Chine, a montré que des enfants de 11 à 13 ans exposés à une eau potable contenant de 241 à 346 µg manganèse/L avaient une mémoire, une dextérité manuelle et une vitesse visuo-perceptive inférieures aux enfants non-exposés¹. Les enfants exposés avaient une concentration significativement plus élevée de manganèse dans les cheveux que les non-exposés, et cette concentration était inversement associée aux performances neurofonctionnelles. L'exposition au manganèse était aussi associée à une diminution des concentrations sériques de plusieurs neurotransmetteurs : 5-hydroxytryptamine (5-HT), dopamine, norépinephrine et acétylcholine estérase². La seconde étude, menée au Bangladesh, indique que la concentration de manganèse dans l'eau était associée négativement au quotient intellectuel chez des enfants de 10 ans³. La concentration de manganèse dans l'eau variait entre 4 et 3 908 µg/L (moyenne : 793 µg/L). Finalement, on a rapporté le cas d'un enfant souffrant de perturbations neurologiques (inattention en classe, faible mémoire mais QI normal, faible habileté à effectuer des mouvements alternés), suivant la contamination du puits familial au manganèse⁴. Une concentration de 1 200 µg de manganèse/L a été mesurée dans l'eau du puits, et l'enfant présentait aussi une concentration anormalement élevée

de manganèse dans le sang, l'urine et les cheveux.

Par ailleurs, une étude a été menée sur les effets de l'exposition au manganèse par ingestion d'eau potable chez des adultes. Au Péloponnèse, en Grèce, trois régions présentant des concentrations croissantes de manganèse ont été comparées : 4 à 15 µg/L (région A), 80 à 250 µg/L (région B) et 1 800 à 2 300 µg/L (région C)⁵. L'augmentation de la concentration de manganèse dans l'eau était associée à celle dans les cheveux et à des signes neurologiques évalués par un examen standardisé; les différences étaient significatives entre les zones A et C. Notons que la concentration de manganèse dans le sang n'était pas associée à celle dans les cheveux, pas plus qu'aux signes neurologiques. Les résultats de cette étude indiquent que des effets neurotoxiques peuvent se produire à des doses considérées sécuritaires, soit inférieures à la valeur de référence (RfD, 10 mg/jour). Sur la base de cette étude, l'*Environmental Protection Agency* (EPA) a choisi de considérer avec plus de prudence l'apport en manganèse provenant de l'eau par rapport à celui de la nourriture, en utilisant un facteur de protection de 3 pour évaluer l'apport en manganèse provenant de l'eau potable dans le calcul de la RfD.

Présence de manganèse dans l'eau au Québec

Des concentrations naturellement élevées de manganèse sont retrouvées dans l'eau de plusieurs régions au Québec, au Canada et ailleurs



dans le monde. Au Québec, les concentrations sont très variables mais les niveaux les plus élevés sont retrouvés dans les eaux souterraines. On a mesuré des concentrations aussi élevées que 2 800 µg/L dans des puits privés du Lac Brome en Estrie⁶. Ces hautes concentrations sont favorisées par les conditions oxydo-réductrices qui prévalent dans le sous-sol et qui permettent la dissolution du manganèse des roches. Au Québec, 21 % de la population s'alimente à une source d'eau souterraine mais peu de données sont disponibles sur la présence du manganèse dans les aquifères. La Commission géologique du Canada a mené une enquête dans le bassin versant de la rivière Châteauguay, qui a montré que 10% des puits privés avaient une concentration de 290 µg de manganèse/L⁷. Si on assume qu'une situation semblable puisse exister dans le reste du Québec, environ 160 000 personnes^(a) seraient desservies par une eau ayant minimalement cette concentration de manganèse, concentration ayant été associée, rappelons-le, à des effets néfastes dans l'étude de He *et al.*¹.

Une étude pilote sur l'exposition au manganèse dans l'eau et les enfants⁸

Au cours de l'année 2005, nous avons été informés que le réseau d'approvisionnement en eau potable d'une municipalité du Québec

^(a) Calcul effectué: Population du Québec en 2000 (7 600 000) × proportion de la population s'alimentant à une source en eau souterraine (21%) × proportion des ressources hydriques dont la concentration est supérieure à 290 µg/L (10%).

distribuait une eau avec une concentration élevée de manganèse. Cette information provenait d'un résidant de cette municipalité, aussi étudiant à la maîtrise en sciences de l'environnement à l'Université du Québec à Montréal. Nous avons donc entrepris de mener une étude dans cette municipalité afin de vérifier si des effets néfastes pour la santé pourraient être associés à cette exposition. Les enfants ont été choisis comme population cible à cause de leur possible vulnérabilité aux effets neurotoxiques du manganèse. L'hypothèse de l'étude pilote est que la concentration de manganèse dans l'eau est associée à celle dans les cheveux (indicateur d'exposition), et que cette dernière est associée à des comportements hyperactifs chez les enfants d'âge scolaire de cette municipalité.

Les comportements hyperactifs ont été choisis comme mesure d'effet de l'exposition au manganèse, sur la base d'études portant sur la concentration des éléments traces dans les cheveux chez des enfants présentant des troubles d'apprentissage ou de comportement. En effet, ces études de type cas-témoins ont suggéré un lien entre le manganèse, les difficultés d'apprentissage et l'hyperactivité. Une concentration élevée de manganèse a été mesurée dans les cheveux d'enfants présentant des troubles d'apprentissage^{9,10} ou identifié comme hyperactifs^{11,12} par rapport à des enfants ne présentant pas de tels troubles. Cependant, certains problèmes méthodologiques limitent la validité des conclusions

qu'il est possible de tirer sur l'implication causale du manganèse, notamment l'exposition à d'autres métaux dont le plomb⁹ et un groupe contrôle inadéquat¹¹. De plus, le choix d'étudier les comportements hyperactifs reposait sur le fait que ces derniers peuvent être aisément évalués en utilisant des questionnaires administrés aux parents et aux enseignants des enfants, ce qui est commode et peu coûteux.

Pour ce projet pilote, les familles participantes ont été recrutées via les deux écoles de la municipalité, une école primaire et une école secondaire. Au total, 46 enfants âgés entre 8 et 15 ans ont participé à l'étude (24 garçons et 22 filles; âge médian: 11 ans). Le comportement de chaque enfant a été évalué par son enseignant et un parent au moyen de l'échelle révisée de Conners, un questionnaire validé et standardisé (i.e. des normes sont disponibles) fréquemment utilisé en recherche et en clinique au Québec et ailleurs dans le monde¹³. Les scores ont été calculés pour les quatre échelles suivantes : comportements oppositionnels, comportements hyperactifs, troubles cognitifs/inattention et index. Un échantillon de cheveux a été prélevé sur chaque enfant. La concentration de manganèse a été analysée par le Centre de Toxicologie du Québec (CTQ). Ce dernier propose une étendue de valeur de référence normale pour la concentration de manganèse dans les cheveux de 0 - 3 µg/g, pour des échantillons québécois de cheveux.

Deux puits alimentent les habitations de la municipalité



concernée, soit un puits fournissant une eau à 610 µg/L (P1) et l'autre, une eau à 160 µg/L (P2). Dans les deux puits, les concentrations de plomb, d'arsenic et de mercure se sont avérées très faibles (< 0,001 mg/L pour les trois métaux). Vingt-huit enfants (61 %) vivaient dans une maison desservie par le P1, et dix-huit (39 %) dans une maison desservie par le P2. La plupart des parents rapportaient acheter de l'eau en bouteille à cause du mauvais goût de l'eau du robinet. Ainsi, peu d'enfants disaient boire l'eau du robinet (9%), bien que celle-ci ait été utilisée pour la préparation de jus de fruits fait de concentré (11 %), de soupes (59 %) et pour la cuisson d'aliments (96 %). Par contre, le fait de boire l'eau du robinet à l'école, desservie par le P2, était très répandu (89 %).

Les enfants vivant dans les maisons approvisionnées par de l'eau présentant une concentration élevée de manganèse (P1) avaient signifi-

cativement plus de manganèse dans les cheveux que ceux vivant dans les maisons approvisionnées par le puits à plus faible concentration (moyenne: 6,2 µg/g ± 4,7 versus 3,3 µg/g ± 3,0; $p = 0,025$). Plus de la moitié (57 %) des enfants avaient des concentrations de manganèse dans les cheveux dépassant la valeur de référence maximale recommandée par le CTQ, soit plus de 3 µg/g. Dans le groupe des enfants exposés à l'eau provenant du puits P1, environ 71 % des enfants avaient une concentration de manganèse supérieure à 3 µg/g, alors que cette proportion était de 33 % chez les enfants exposés à l'eau de P2. La figure 1 présente la distribution cumulée des valeurs de manganèse dans les cheveux en fonction du puits.

Des analyses de régression ont été utilisées afin d'évaluer l'association entre la concentration de manganèse dans les cheveux et les scores aux quatre sous-échelles du Conners. Après ajustement pour les covariables (âge, sexe et revenu

familial), la concentration de manganèse dans les cheveux était significativement associée aux scores de deux échelles du Conners: comportement oppositionnel ($p = 0,02$) et comportement hyperactif ($p = 0,002$) (tableau 1). De plus, tous les enfants qui avaient des scores élevés selon le manuel d'utilisation du test aux échelles comportements oppositionnels et comportements hyperactifs, soit ≥ 65 (score limite identifiant les enfants qui devraient subir une évaluation clinique), avaient une concentration de manganèse dans les cheveux supérieure à 3 µg/g (tableau 2). Il n'y avait pas de relation significative entre la concentration de manganèse dans les cheveux et les scores au Conners rempli par les parents.

Les résultats de cette étude pilote suggèrent qu'à une concentration entre 160 et 610 µg de manganèse/L, l'eau peut être une source d'exposition importante à ce métal pour des enfants âgés de 6 à 15 ans. De plus, la relation entre la concentration de manganèse dans les cheveux et des comportements hyperactifs et oppositionnels en classe soulève la possibilité d'un lien causal qui devrait toutefois être établi par des études plus poussées sur cette question. Le résultat le plus frappant de l'étude est que tous les enfants ayant des scores les identifiant pour une évaluation clinique de leurs comportements hyperactifs avaient une concentration de manganèse dans les cheveux supérieure à la valeur recommandée. Bien qu'aucun bioindicateur d'exposi-

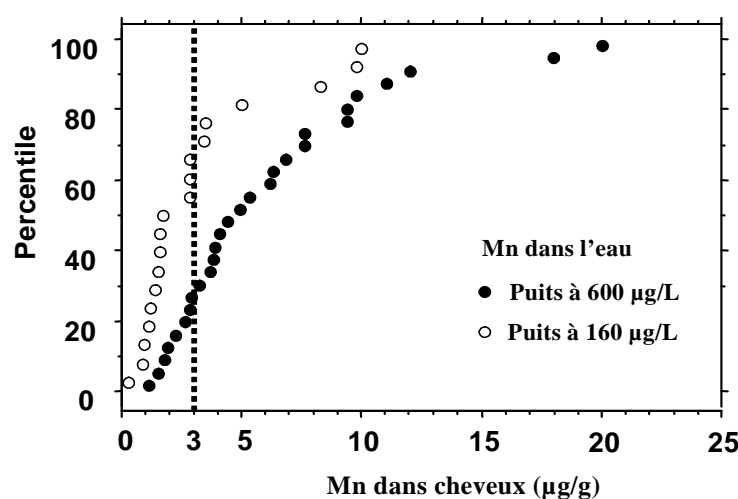


Figure 1. Distribution cumulée des valeurs de manganèse dans les cheveux en fonction du puits.



tion à d'autres métaux n'ait été mesuré, il est peu probable qu'un autre métal neurotoxique (plomb, arsenic ou mercure) puisse expliquer ces observations, puisque des concentrations infimes ont été mesurées dans l'eau.

L'utilisation de cheveux à titre de bioindicateur d'exposition au manganèse n'est pas établi, car les relations entre la concentration de manganèse dans les cheveux et

celle dans le sang ou la dose d'exposition sont mal connues. En général, toutefois, on considère que la concentration en métaux dans les cheveux est en équilibre avec le contenu du plasma sanguin qui nourrit la pousse des cheveux. Récemment, d'autres études ont utilisé les cheveux comme bioindicateur d'exposition au manganèse¹⁴. De plus, nos résultats ont montré une relation significative entre la concentration de manganèse

se contenue dans l'eau des puits et la concentration mesurée dans les cheveux, et ceci a également été observé dans d'autres études^{5,15}. À la lumière de ces études, il semble que les cheveux pourraient constituer un bioindicateur d'exposition utile dans l'étude des effets possibles du manganèse sur la santé.

Suite de l'étude

Peu de temps après la fin de l'étude, la municipalité a mis en place un système de traitement par filtration au sable vert afin de diminuer la concentration de manganèse présente dans l'eau. Quatre mois après la mise en place de ce système, un suivi a pu être fait pour 33 des 46 enfants de l'étude initiale. Des échantillons de cheveux ont été prélevés et le Conners a été administré aux parents et aux enseignants. Les résultats montrent que le système de traitement des eaux de la ville est efficace puisque la concentration de manganèse dans l'eau est descendue sous les 30 µg/L. La concentration de manganèse dans les cheveux a aussi diminuée de façon très significative, passant de 4,8 µg/g à 0,68 µg/g; de plus, aucune valeur n'a dépassé les 3 µg/g valeur de référence recommandée par le CTQ. Par ailleurs, il n'y a pas eu de changement significatif dans les scores au Conners. Cependant, les questionnaires ont été complétés par des enseignants différents de l'année précédente, ce qui rend difficile la comparaison des données avant-après la diminution du manganèse dans l'eau.

Aspects réglementaires

Au Canada, les règlements sur la qualité de l'eau potable sont de

Tableau 1. Résultats des analyses de régression entre la concentration de manganèse dans les cheveux des enfants et les scores aux sous-échelles de l'échelle d'évaluation Conners pour les enseignants.

| SOUS-ÉCHELLES DU CONNERS (SCORE-T) | MODÈLES SANS COVARIABLES | | MODÈLES AVEC COVARIABLES (ÂGE, SEXE ET REVENU FAMILIAL) | | |
|---|--------------------------|-------|---|-------|-------------|
| | B | p | B | p | R du modèle |
| Comportements oppositionnels | 1,299 | 0,005 | 1,172 | 0,020 | 0,500 |
| Comportements hyperactifs (n = 44) | 1,587 | 0,001 | 1,478 | 0,002 | 0,638 |
| Troubles cognitifs / Inattention (n = 39) | 0,952 | 0,085 | 0,244 | 0,620 | 0,666 |
| Index (n = 44) | 0,879 | 0,062 | 0,591 | 0,195 | 0,595 |

Tableau 2. Distribution des scores-T^a aux sous-échelles de l'échelle d'évaluation Conners pour les enseignants, stratifiée par la concentration de manganèse dans les cheveux^b.

| SOUS-ÉCHELLES DU CONNERS (SCORE-T) | CONCENTRATION DE MANGANÈSE DANS LES CHEVEUX (µg/g) | | | TEST EXACT DE FISHER'S |
|---|--|------|-----|------------------------|
| | | <= 3 | > 3 | |
| Comportements oppositionnels (n = 44) | < 64 | 18 | 18 | 0,014 |
| | >= 65 | 0 | 8 | |
| Comportements hyperactifs (n = 44) | < 64 | 18 | 17 | 0,006 |
| | >= 65 | 0 | 9 | |
| Troubles cognitifs / Inattention (n = 39) | < 64 | 11 | 19 | 0,444 |
| | >= 65 | 5 | 4 | |
| Index (n = 44) | < 64 | 16 | 15 | 0,043 |
| | >= 65 | 2 | 11 | |

^a Point de césure proposé par le manuel du test pour identifier les enfants devant subir une évaluation clinique (Conner, 2000)

^b Borne supérieure des valeurs normales (Miekeley et al. 1998)



juridiction provinciale. À ce chapitre, le cadre réglementaire québécois est défini dans le *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. Au Québec, les réseaux d'approvisionnement en eau potable sont principalement opérés par des municipalités, ces dernières ayant également la responsabilité de faire respecter le *Règlement*. Or, le manganèse ne fait pas partie de la liste des éléments inclus dans le *Règlement*, ce qui fait en sorte que le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) n'exige pas qu'il soit mesuré par les exploitants des systèmes de distribution d'eau. Sur la base des inconvénients qu'il cause à la plomberie et les tissus (tâches) ainsi qu'au goût des boissons, Santé Canada a émis une recommandation pour la concentration de manganèse dans l'eau potable de 50 µg/L. Cette recommandation basée sur des considérations organoleptiques n'a pas force de loi, et les exploitants sont libres de l'observer ou non. En se basant plutôt sur les effets possibles sur la santé, l'Organisation mondiale pour la santé propose une valeur limite à 400 µg/L pour le manganèse dans l'eau potable¹⁶, alors qu'aux États-Unis, l'EPA établit cette valeur à 300 µg/L¹⁷.

Une étude d'envergure sur l'exposition au manganèse par l'eau et la santé des enfants

À la suite des résultats obtenus de cette étude pilote, nous avons entrepris une étude épidémiologique d'envergure sur le sujet. Une subvention des Instituts de recherche

en santé du Canada (IRSC) nous a récemment été accordée pour réaliser cette étude, dont l'objectif principal est de tester l'hypothèse selon laquelle l'exposition au manganèse dans l'eau affecte négativement les comportements et les habiletés cognitives et neuromotrices des enfants. Cette étude épidémiologique transversale sera menée auprès d'enfants de quatre municipalités, avec des catégories de concentration de manganèse dans l'eau de l'aqueduc établies comme suit :

- très basse (<50 µg/L)
- basse (~150 µg/L)
- moyenne (~300 µg/L)
- haute (~600 µg/L).

Les familles seront recrutées par le biais des écoles primaires des municipalités ciblées (100 enfants par municipalité); un total de 400 enfants âgés entre 7 et 12 ans seront inclus dans l'étude.

L'évaluation des enfants inclut des tests sur le quotient intellectuel, la mémoire, la capacité d'attention et de concentration, les habiletés visuo-spatiales, les fonctions exécutives, la vitesse motrice et la dextérité manuelle. Les comportements des enfants seront aussi évalués par un parent et un enseignant au moyen de questionnaires. Des informations sur les variables qui pourraient influencer les résultats à ces tests seront également recueillies, dont l'âge, le statut socio-économique, l'environnement familial, l'histoire médicale et les stress périnataux. L'exposition au manganèse par l'eau potable sera évaluée de diverses façons. Un échantillon d'eau sera prélevé dans la maison des enfants partici-

pants et la concentration de manganèse et d'une série d'autres métaux seront mesurées. De plus, comme la concentration de manganèse varie beaucoup d'un endroit à un autre d'un réseau d'aqueduc ainsi que dans le temps, une analyse des variations spatiales et temporelles des concentrations de manganèse dans l'aqueduc des quatre municipalités sera réalisée afin de raffiner la mesure de l'exposition. Des données sur la diète et sur la quantité d'eau du robinet ingérée seront récoltées. Ces données serviront à calculer l'apport en manganèse par l'eau et par l'alimentation. De plus, une mèche de cheveux sera prélevée pour l'analyse de la concentration de manganèse et d'une série d'autres métaux.

Les résultats de l'étude proposée pourraient servir de base à une recommandation québécoise pour une concentration maximale de manganèse dans l'eau potable pour la protection de la santé des enfants. L'analyse statistique visera à évaluer: i) l'exposition au manganèse, et ii) la relation entre l'exposition au manganèse et les évaluations neurofonctionnelles (scores aux tests) en tenant compte des covariables. Après avoir identifié les tests pour lesquels des relations dose-réponse sont statistiquement significatives, l'approche *benchmark-dose* sera utilisée pour déterminer le niveau d'exposition associé à un accroissement du risque de problèmes neurofonctionnels.

Références

1. He P, Liu DH, Zhang GQ. (1994). Effects of high-level-manganese, sewage irrigation on children's neurobehavior. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi* 28: 216-8.
2. Zhang G, Liu D, He P. (1995). Effects of manganese on learning abilities in school children. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi* 29: 156-8.



3. Wasserman GA, Liu X, Parvez F, Ahsan H, Levy D, Factor-Litvak P, Kline J, van Geen A, Slavkovich V, Lolocono NJ, Cheng Z, Zheng Y, Graziano JH. (2006). Water manganese exposure and children's intellectual function in Araihan, Bangladesh. *Environ Health Perspect* 114: 124-9.
4. Woolf A, Wright R, Amarasiriwardena C, Bellinger D. (2002). A child with chronic manganese exposure from drinking water. *Environ Health Perspect* 110: 613-6.
5. Kondakis XG, Makris N, Leotsinidis M, Prinou M, Papapetropoulos T. (1989). Possible health effects of high manganese concentration in drinking water. *Arch Environ Health* 44: 175-8.
6. Lajeunesse S. (2004). *Exposition orale au manganèse : étude des niveaux de métaux dans l'eau des puits du Lac Brome et de l'ingestion de boissons gazeuses dans le sud-ouest du Québec*. Mémoire de maîtrise en science de l'environnement Université du Québec à Montréal.
7. Blanchette D. (2006). *Caractérisation géochimique des eaux souterraines du bassin versant de la rivière Châteauguay*, Québec, Canada. Mémoire de maîtrise Université du Québec, Institut national de recherche scientifique.
8. Bouchard, M., Laforest, F., Vandelay, L., Bellinger, D., Mergler, D. (2007). Hair Manganese and Hyperactive Behaviors: Pilot Study of School-Age Children Exposed through Tap Water. *Environ Health Perspect* 115:122-7. Disponible at: <http://www.ehponline.org/members/2006/9504/9504.pdf>
9. Pihl RO, Parkes M. (1977). Hair element content in learning disabled children. *Science* 198: 204-6.
10. Collipp PJ, Chen SY, Maitinsky S. (1983). Manganese in infant formulas and learning disability. *Ann Nutr Metab* 27: 488-94.
11. Barlow PJ. (1983). A pilot study on the metal levels in the hair of hyperactive children. *Med Hypotheses* 11: 309-318
12. Crinella FM, Cordova EJ, Ericson J. (1998). Manganese, aggression, and attention deficit hyperactivity disorder (abstract). *Neurotoxicology* 19: 468-9.
13. Conners CK. (2000). *Conners' Rating Scales-Revised: Technical manual* Toronto (Canada): Multi-Health System Inc.
14. Wright RO, Amarasiriwardena C, Woolf AD, Jim R, Bellinger DC. (2006). Neuropsychological correlates of hair arsenic, manganese, and cadmium levels in school-age children residing near a hazardous waste site. *Neurotoxicology* 27: 210-6.
15. Agusa T, Kunito T, Fujihara J, Kubota R, Minh TB, Kim Trang PT, Iwata H, Subramanian A, Viet PH, Tanabe S. (2006). Contamination by arsenic and other trace elements in tube-well water and its risk assessment to humans in Hanoi, Vietnam. *Environ Pollut* 139: 95-106.
16. WHO. (2006). *Guidelines for drinking-water quality, incorporating first addendum*. Vol.1, Recommendations. 3rd ed.
17. U.S. EPA. (2004). *Drinking Water Health Advisory for Manganese*. Report 822R04003. Washington, DC.: U.S. Environmental Protection Agency.

RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES

Organisation mondiale de la santé

Site général sur la santé des enfants et l'environnement :

www.who.int/ceh/en/.

Inheriting the world The Atlas for the children's health and environment :

www.who.int/ceh/publications/atlas/en/.

La collection Budapest :

www.euro.who.int/childhealthenv/Publications/20040708_1

Canada

La santé des enfants et l'environnement en Amérique du Nord. Premier rapport sur les indicateurs et les mesures disponibles :

www.cec.org/files/PDF/POLLUTANTS/CountryReport-Canada-CHE_fr.pdf

REMERCIEMENTS

Merci aux parents de Jérémy Blanchette, Marie-Pier Bolduc, Victor Bouchard, Lydia-Rose et Alphonse Bustinza-Gonzales, Florence et Rosalie Gauvin, Rémi Gervais, Pascale Johnston, Florence Joly, Rose et Antoine Lajoie-Konitzer, Jérémie LaRue-Grondin, Marilou Léger, Josquin Letendre-Brisson, Laurence et Sébastien Potvin, Antoine Rhains, Hubert Villeneuve, Thomas et Raphaël Pelletier pour les photos.



BISE, le *Bulletin d'information en santé environnementale*, est publié six fois par année par l'Institut national de santé publique du Québec. La reproduction est autorisée à condition de mentionner la source. Toute utilisation à des fins commerciales ou publicitaires est cependant strictement interdite. Le bulletin peut être consulté sur internet à l'adresse www.inspq.qc.ca/bulletin/bise/

Poste-publications: 40786533

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Canada et Bibliothèque nationale du Québec ISSN 1199-052X

Adresse de correspondance : Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec, 945, avenue Wolfe, Sainte-Foy (Québec), Canada, G1V 5B3. Information : Claire Laliberté, téléphone 418-650-5115, poste 5253; télécopieur 418-654-3144; claire.laliberte@inspq.qc.ca. Rédaction : Jean-Marc Leclerc et Claire Laliberté. Mise en page : Diane Bizier-Blanchette. Abonnement gratuit : Diane Bizier-Blanchette, téléphone 418-650-5115, poste 5220, télécopieur 418-654-3144, diane.bizier-blanchette@inspq.qc.ca

**Institut national
de santé publique**
Québec

