

SUBSTANCES TOXIQUES



ASSOCIATION QUÉBÉCOISE
DES NEUROPSYCHOLOGUES

Auteurs : Dave Saint-Amour, Ph.D. et Olivier Boucher, Ph.D.

AQNP.ca



L'IMPACT DES SUBSTANCES TOXIQUES ENVIRONNEMENTALES SUR LE DÉVELOPPEMENT COGNITIF

Depuis la fin des années 1960, l'impact des toxines environnementales sur le cerveau est devenu un sujet préoccupant aux yeux des autorités gouvernementales. Plusieurs enjeux de santé publique ont marqué l'actualité notamment concernant le potentiel toxique, voire même cancérigène, de certaines substances tel que le plomb dans la peinture ou dans l'essence, le mercure dans le poisson ou certains matériaux utilisés par l'industrie tels que les pesticides ou le bisphénol A utilisé dans la fabrication de biberons pour les nourrissons. C'est malheureusement souvent lorsque des catastrophes environnementales surviennent que l'opinion publique devient plus drastiquement sensibilisée à l'égard des conséquences de ces substances. On n'a qu'à se rappeler l'incendie d'un entrepôt contenant des barils d'huile contaminée aux BPC (biphényles polychlorés) à Saint-Basile-Le-Grand en 1988 qui a engendré une contamination environnementale et l'évacuation de nombreux résidents.

L'intérêt scientifique pour la recherche sur les effets néfastes des substances chimiques sur le fonctionnement du cerveau a donné lieu à un champ d'étude que l'on appelle la neuropsychotoxicologie. Appliquée à l'environnement, la neuropsychotoxicologie s'intéresse plus spécifiquement aux impacts des polluants ou contaminants, qu'ils soient d'origine naturelle ou humaine, sur la santé neuropsychologique (p. ex. les comportements, émotions, fonctions cognitives, motrices et sensorielles) des individus. La neuropsychotoxicologie environnementale est donc issue de la rencontre entre plusieurs disciplines, incluant les sciences du comportement dont la psychologie, l'épidémiologie et les neurosciences. C'est notamment grâce à la neuropsychotoxicologie environnementale que l'on a pu convaincre les autorités gouvernementales d'interdire l'ajout de plomb dans l'essence en raison des troubles du développement qui y étaient associés ou encore que l'on peut savoir si le mercure contenu dans le poisson est néfaste ou non pour la santé (loi effective depuis 1990 au Canada).





LES CONTAMINANTS ENVIRONNEMENTAUX

Les contaminants environnementaux sont des substances qui sont introduites, de façon accidentelle ou délibérée, dans l'environnement et qui peuvent nuire aux organismes vivants, dont l'humain. L'ensemble de la population générale est exposé à des centaines de substances chimiques présentes dans l'environnement. Les types de contaminants environnementaux les plus connus sont :

- **les métaux lourds** : notamment, le plomb et le mercure
- **les polluants organiques persistants** : notamment, les pesticides et les BPC

Les métaux lourds

Le plomb est un métal lourd présent sous forme naturelle dans l'environnement dont la prévalence s'est accrue depuis la révolution industrielle. Ce métal se retrouve notamment dans la fabrication de pièces d'automobiles, dans les systèmes d'aqueducs des villes, dans les pigments, dans les piles et dans le matériel électronique.

Le mercure est présent sous différentes formes dans l'environnement et il est notamment utilisé pour l'extraction de l'or. Lorsqu'il se retrouve dans un milieu aquatique, le mercure est transformé par des microorganismes en **méthylmercure**, une forme fortement neurotoxique pour l'humain. Le méthylmercure s'accumule plus facilement dans le cerveau où sa concentration est cinq fois supérieure à celle mesurée dans le sang.

Malgré les efforts déployés dans plusieurs pays pour restreindre leur utilisation et leur rejet dans l'environnement, les métaux lourds utilisés dans certains pays en développement sont transportés dans l'atmosphère et par les courants océaniques dans l'hémisphère nord et vers l'Arctique, faisant perdurer le problème de l'exposition à ces substances à des milliers de kilomètres des sources de pollution.

Les polluants organiques

Les BPC sont des polluants organiques persistants qui ont été au cœur de plusieurs incidents environnementaux à ce jour. Ces composés ont été produits à grande échelle à partir des années 1930 jusqu'aux années 1970. En raison de leur grande stabilité chimique, de leur faible conductivité électrique et de leur résistance à la chaleur, ils étaient utilisés dans l'industrie pour une vaste étendue d'applications, notamment comme isolant dans les transformateurs électriques.

Même si des conventions internationales ont été mises en place pour éliminer les polluants organiques persistants dont la neurotoxicité est reconnue, un abandon complet de leur utilisation ne règlera cependant pas le problème pour la santé humaine à court ou à moyen terme, et ce, même si les concentrations dans l'environnement de ces substances chimiques ne cessent de diminuer. L'exemple des BPC illustre bien ce





phénomène : malgré leur bannissement de l'industrie depuis plus de 30 ans, **certains BPC** (car il en existe plusieurs types) **sont toujours détectables dans notre organisme** en raison de leur très longue demi-vie (jusqu'à plusieurs décennies), de leur grande résistance à la dégradation, de leur capacité à se stocker dans les graisses et de leur bioaccumulation dans la chaîne alimentaire.

LA VULNÉRABILITÉ DU CERVEAU EN DÉVELOPPEMENT

Les enfants sont particulièrement vulnérables à l'exposition aux substances toxiques présentes dans l'environnement puisque **certaines de ces substances peuvent interférer avec les processus de développement du cerveau**. À cela il faut aussi ajouter que la **barrière hémato-encéphalique** (membrane dans le cerveau qui filtre la circulation sanguine et ainsi protège le cerveau des agents pathogènes circulant dans le sang) des jeunes enfants est immature et donc moins efficace, et que leur capacité métabolique à éliminer les toxines est limitée. En fait, l'exposition aux toxines débute dès la gestation. **L'exposition prénatale est directement dépendante de l'exposition maternelle**. Les contaminants qui se retrouvent dans l'organisme de la mère peuvent traverser la barrière placentaire pour ensuite atteindre le fœtus. Il est maintenant établi que l'exposition à certaines substances toxiques pendant la grossesse peut causer des déficits permanents chez l'enfant même lorsque la mère est asymptomatique, illustrant une plus grande vulnérabilité du fœtus.

Impacts de l'exposition pendant la grossesse sur le développement cognitif des enfants

Contrairement à l'exposition aiguë (de très courte durée), la très grande majorité des études sur les contaminants environnementaux et le développement cognitif s'intéresse à l'exposition chronique, c.-à-d. qui s'étale sur plusieurs mois, voire plusieurs années. Les risques sur le fonctionnement neuropsychologique associés à l'exposition aux substances toxiques et la vulnérabilité des enfants ont été découverts vers le milieu du 20e siècle à la suite d'épisodes d'empoisonnement (fortes doses) à certaines substances chimiques. Un des plus importants événements du genre est la tragédie de **Minamata**, au Japon, qui s'est produite dans les années 1950. La contamination de la faune marine par des déversements industriels de mercure a été identifiée comme la cause d'un syndrome neurologique sévère (**la maladie de Minamata**) incluant des troubles visuels et moteurs chez les adultes intoxiqués, et des déficits encore plus sévères chez les enfants, dont des limitations significatives du fonctionnement intellectuel. Plus récemment, la recherche s'est orientée vers les effets d'une exposition chronique aux contaminants environnementaux à des concentrations beaucoup plus faibles et donc qui concernent un plus grand nombre d'individus, voire même des populations entières. Les effets identifiés à ce jour sont plus subtils et ne se manifestent pas toujours clairement par des signes ou symptômes cliniques, mais nécessitent d'être considérés sérieusement, particulièrement devant la vulnérabilité des enfants en développement.





Exposition au plomb

Les résultats de plusieurs études montrent l'existence d'une relation inverse entre la concentration de plomb dans le sang et la cognition chez des enfants à différents âges, et ce même lorsque les valeurs de ces concentrations sont jugées « sécuritaires » par les organisations internationales de santé, c.-à-d. une plombémie de 5 µg/dL ou moins^[1]. **L'exposition au plomb a été associée à un quotient intellectuel inférieur, à des déficits d'attention spatiale et à des dysfonctions exécutives pouvant compromettre la performance scolaire des enfants.** Des déficits comportementaux associés à l'exposition au plomb tels que l'inattention et l'impulsivité ont également été rapportés incluant le **trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH)**. En plus d'affecter les **fonctions cognitives**, **des atteintes du cerveau, dont une diminution du volume de la matière grise, ont été identifiées chez l'adulte exposé au plomb pendant l'enfance.** À noter que ces atteintes sont particulièrement marquées dans certaines régions du cerveau (**lobe frontal** et **cortex cingulaire antérieur**) impliquées dans la gestion des comportements.

Exposition au méthylmercure

Les impacts de l'exposition chronique au méthylmercure durant l'enfance ont été évalués dans plusieurs études réalisées auprès de diverses communautés côtières. Une des plus grandes études du genre ayant suivi les mêmes enfants pendant plusieurs années a été effectuée aux îles Féroé, un archipel de l'océan Atlantique nord, où les habitants sont exposés de façon chronique au méthylmercure via la consommation de poissons et de mammifères marins qui constituent la base de leur alimentation. **L'exposition prénatale au méthylmercure**, inférée à partir de mesures du contaminant dans le sang du cordon ombilical, **a été associée à des effets néfastes subtils sur les fonctions cognitives pendant l'enfance**, et certains effets étaient toujours présents à l'adolescence, suggérant des effets persistants. Des résultats similaires, incluant de légères diminutions du quotient intellectuel durant l'enfance et des troubles de la vision et de l'audition, ont été observés en Nouvelle-Zélande, aux États-Unis et chez les populations inuit du nord du Québec. Certaines études ont également observé des effets néfastes liés à l'exposition durant l'enfance, et non seulement pendant la gestation.

Exposition aux BPC

L'exposition aux BPC pendant la grossesse a elle aussi été associée à des effets néfastes et variés sur le développement de l'enfant et ce, depuis les années 1980. Outre une diminution des capacités intellectuelles générales pendant l'enfance, des mesures neuropsychologiques ont aussi été utilisées afin de mieux cerner la nature des atteintes cognitives associées aux BPC. Ainsi, les habiletés verbales tel que le vocabulaire et la lecture semblent particulièrement affectées, et notons également que des déficits de la **mémoire**, de **l'attention** et des fonctions exécutives telle que l'inhibition de la réponse et la planification figurent parmi les éléments marquants du profil cognitif associé à l'exposition prénatale aux BPC.





Les contaminants émergents

Alors que les métaux lourds et les polluants organiques persistants ont été l'objet de plusieurs investigations au cours des dernières décennies, de nouvelles substances chimiques, les « contaminants émergents », ont fait leur apparition et des études en laboratoire suggèrent qu'elles pourraient être tout autant néfastes pour le développement cérébral que les contaminants classiques. Un nombre croissant d'études s'intéresse aux impacts de ces substances toxiques dont les effets sont aujourd'hui peu connus. Parmi ces substances, notons le **bisphéno A**, substance chimique présente dans certains plastiques dont l'exposition prénatale a été associée à des problèmes émotionnels et comportementaux à l'âge scolaire. Un autre groupe de contaminants émergents sont les **polybromodiphényléthers**, utilisés comme retardateurs de flammes dans les textiles et les plastiques, dont l'exposition tôt dans la vie a été associée à des impacts négatifs sur les fonctions cognitives à l'âge scolaire, incluant l'attention et la **mémoire de travail**, les fonctions exécutives de même que les habiletés de lecture.

QU'EN EST-IL DES IMPACTS CHEZ L'ADULTE?

Les impacts de l'exposition précoce aux substances toxiques à l'âge adulte ont peu été étudiés, notamment en raison des difficultés techniques et des ressources importantes nécessaires pour suivre un groupe d'individus sur plusieurs décennies. Une étude basée à Cincinnati, aux États-Unis, a permis de mettre en lien l'exposition au plomb pendant l'enfance et la prévalence d'actes criminels au début de l'âge adulte, suggérant que cette exposition a des conséquences à long terme sur le comportement. Le suivi des enfants des Îles Féroé a également démontré que l'association entre l'exposition prénatale au méthylmercure et les fonctions intellectuelles était toujours présente à l'âge adulte. Les effets des contaminants lorsque l'exposition survient à l'âge adulte sont quant à eux beaucoup moins bien connus. En dépit de limites méthodologiques, **certaines études suggèrent que l'exposition au plomb et aux pesticides pourrait constituer un facteur de risque pour le développement de certaines maladies neurodégénératives** survenant pendant le vieillissement, tels que la **maladie de Parkinson** et la **maladie d'Alzheimer**. D'autres études sont toutefois nécessaires pour confirmer cette relation.

RÔLE DU NEUROPSYCHOLOGUE

Les études sur les effets des substances toxiques impliquent généralement plusieurs spécialistes provenant de disciplines variées. Le **neuropsychologue** joue un rôle crucial au sein de cette équipe. De par ses connaissances sur le cerveau et son fonctionnement de même que sur les **méthodes d'évaluation** de l'intégrité des fonctions cérébrales, le neuropsychologue détermine les cibles d'évaluation, c.-à-d. les fonctions neuropsychologiques ou les structures du cerveau qui devraient être l'objet d'investigation en relation avec l'exposition à un contaminant d'intérêt, ainsi que les moyens de les mesurer. Pour ce faire, il doit se baser sur les mécanismes connus de la





substance toxique à l'étude (ou de substances similaires en absence de données disponibles), des ressources de l'équipe et des préoccupations de la population ou des organismes de santé publique. Il utilise également ses connaissances sur le développement normal de l'enfant, entre autres afin d'identifier les facteurs confondants potentiels à prendre en considération dans l'évaluation des effets des contaminants. De plus, le neuropsychologue aide à interpréter les effets observés et à en déterminer les implications pour la population générale.

CONCLUSION

Depuis les dernières décennies, les recherches dans le domaine de la neuropsychologie se sont multipliées, particulièrement pour l'évaluation des impacts des contaminants sur le développement cognitif des enfants. La majorité des études se sont intéressées aux troubles cognitifs associés à l'exposition prénatale aux métaux lourds et aux polluants organiques persistants. Bien qu'un nombre croissant d'études s'intéresse à d'autres contaminants émergents, leur nombre demeure relativement limité. En raison des ressources importantes nécessaires pour conduire de telles études, leur durée est souvent restreinte aux premières années de vie de l'enfant et les effets neurotoxiques de l'exposition périnatale à plus long terme demeurent peu connus. De plus, les mesures neurophysiologiques et d'imagerie cérébrale, rarement utilisées dans ces études, sont nécessaires pour mieux comprendre l'origine des déficits cognitifs observés.

La régulation des substances chimiques par les autorités de la santé publique est un processus complexe qui nécessite une accumulation substantielle de données scientifiques. La régulation actuelle en Amérique du nord ne tient pas compte du lien entre les contaminants environnementaux et l'augmentation des troubles neurodéveloppementaux chez les enfants comme le trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité, la déficience intellectuelle ou les troubles d'apprentissage. La communauté scientifique doit donc se mobiliser plus que jamais pour unir leurs efforts et faire pressions sur les agences gouvernementales. Des initiatives concrètes ont récemment été lancées dont une « déclaration de consensus » publiée récemment dans la revue *Environmental Health Perspectives* par une cinquantaine de spécialistes du développement cérébral connu sous le nom de [projet TENDR](#)^[2].

RESSOURCES

Livre

- [Cerveaux en danger: Protégeons nos enfants. Philippe Gandjean. Buchet/Chastel, 2016.](#)

[1] La limite supérieure de l'OMS est pourtant encore fixée à 10 µg/dL.

[2] [Bennett D, et al. \(2016\). Project TENDR: Targeting Environmental Neuro-Developmental Risks. The TENDR Consensus Statement. Environ Health Perspect 124: A118–A122.](#)





AUTEURS

Dave Saint-Amour, Ph.D., est chercheur au CHU Sainte-Justine et professeur au département de psychologie de l'UQAM. Il est membre co-fondateur du Centre de recherche en neurosciences de l'UQAM (**NeuroQAM**) et titulaire de la **Chaire de recherche en neuropsychotoxicologie environnementale**. Ses principaux travaux de recherche, qui combinent différentes techniques d'imagerie cérébrale avec des mesures comportementales, portent sur les corrélats neuronaux de la perception chez les enfants avec ou sans troubles neurodéveloppementaux. Il mène actuellement un programme de recherche sur l'impact de l'exposition prénatale et postnatale à différentes substances chimiques sur le développement des fonctions cérébrales.



Olivier Boucher, Ph.D., est neuropsychologue et professeur associé au Département de psychologie de l'Université de Montréal. Il s'est intéressé aux impacts de l'exposition aux contaminants environnementaux sur le développement cognitif au cours de son doctorat en psychologie à l'Université Laval (2005-2010), et continue à collaborer avec des équipes de recherche en épidémiologie environnementale. Une de ses contributions a été de mieux caractériser la nature des impacts des contaminants sur les fonctions cognitives par l'utilisation de mesures spécifiques et novatrices.