La maltraitance impacte le cerveau avec des conséquences multiples pour l'enfant et l'adulte en devenir. Ces altérations cérébrales affectent à long terme le développement cognitif, relationnel, émotionnel, immunitaire et psychopathologique.

Au-delà de la vulnérabilité individuelle et de la difficulté à se construire après une enfance maltraitée, les recherches actuelles montrent que la maltraitance infantile représente une véritable question de santé publique.

Dans ce livre, Catherine Belzung rassemble les données neuroscientifiques qui mettent en lumière que négligence, maltraitance psychologique, abus sexuels, pauvreté ont des conséquences spécifiques et différenciées. Elle souligne également en quoi les séquelles de la maltraitance impactent les générations suivantes.

En appui sur ces connaissances neurobiologiques, l'auteure ouvre des pistes de prévention et de soin pour aider les professionnels à prendre en charge la maltraitance infantile.

Docteure en neurosciences, Catherine Belzung est professeure à l'Université de Tours, directrice du laboratoire Inserm iBraiN, coordinatrice de la Chaire Unesco en maltraitance infantile, présidente de la Société des neurosciences. Son domaine de recherche concerne la biologie des émotions et des maladies mentales.

yapaka.be
Coordination de la prévention de la maltraitance
Secrétariat général
Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique
Bd Léopold II, 44 – 1080 Bruxelles
yapaka@yapaka.be

FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES

Livre téléchargeable gratuitement

ENFANCE MALTRAITÉE, LES APPORTS DES NEUROSCIENCES

CATHERINE BELZUNG

156 yapaka.be

LECTURES

TEMPS D'ARRÊT

ENFANCE MALTRAITÉE, LES APPORTS DES NEUROSCIENCES

Catherine Belzung

yapaka.be

Enfance maltraitée, les apports des neurosciences

Catherine Belzung

yapaka.be

Temps d'Arrêt / Lectures

Une collection de textes courts destinés aux professionnels en lien direct avec les familles. Une invitation à marquer une pause dans la course du quotidien, à partager des lectures en équipe, à prolonger la réflexion par d'autres textes. – 6 parutions par an.

Directrice de collection Claire-Anne Sevrin assistée de Diane Huppert ainsi que de Meggy Allo, Laurane Beaudelot, Philippe Dufromont, Sylvie Guérard et Audrey Heine.

Le programme yapaka

Fruit de la collaboration entre plusieurs administrations de la Communauté française de Belgique (Administration générale de l'Enseignement, Administration générale de l'Aide à la Jeunesse, Administration générale des Maisons de Justice, Administration générale du Sport, Administration générale de la Culture et ONE), la collection « Temps d'Arrêt / Lectures » est un élément du programme de prévention de la maltraitance yapaka.be

Comité de projets Mathieu Blairon, Louise Cordemans, Anne-Charlotte De Vriendt, Emilie Helman, Cécile Hiernaux, Françoise Hoornaert, Charlotte Juwe, Claire Meersseman, Farah Merzguioui, Eleanor Miller, Danièle Peto, Géraldine Poncelet, Marie Remy, Nathalie Van Cauwenberghe, Françoise Verheyen.

Comité directeur Annie Devos, Fabrice Aerts-Bancken, Jeanne Brunfaut, Valérie Devis, Déborah Dewulf, Charlotte Juwe, Yves Polomé, Claire-Anne Sevrin

Suivez l'actualité de Yapaka sur les réseaux sociaux

Une initiative de la Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique.

Éditrice responsable Annie Devos – Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique – 44, boulevard Léopold II – 1080 Bruxelles.
Octobre 2025

Sommaire

Introduction 5

Les conséquences de la maltraitance sur la morphologie cérébrale 7

Les altérations du fonctionnement et de la connectivité du cerveau 21

Effets moléculaires de la maltraitance 29
La dopamine 29
Les hormones du stress 32
Le BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) 34
Les cytokines 35

Vulnérabilité et résilience aux effets de la maltraitance . . . 37

La transmission intergénérationnelle des effets de la maltraitance 43

Les effets de la prise en charge de la maltraitance 47

Conclusion 53

Bibliographie 55

Introduction

Les conséquences psychologiques, à l'âge adulte, des diverses formes de maltraitance survenues pendant l'enfance sont bien documentées. En effet, chez les personnes ayant vécu de la maltraitance durant l'enfance, on trouve une kyrielle d'altérations, comme une augmentation du risque de parentalité dysfonctionnelle, un risque accru de survenue de diverses formes d'addiction (à la nicotine, au cannabis, à l'alcool, mais aussi aux drogues « dures »), une incidence élevée de pathologies du stress comme la dépression, le stress post-traumatique, l'anxiété généralisée. Ce tableau inquiétant pourrait être complété par des altérations plus physiologiques, comme une augmentation du risque de caries dentaires ou d'obésité. Et il ne s'agit que de quelques exemples emblématiques. Le tableau clinique, chez les adultes survivants de maltraitances pendant leur enfance, est donc globalement très alarmant, et lourd sur le plan médical, même s'il existe aussi des exemples de sujets résilients, qui ne semblent pas atteints, du moins à première vue.

On sait par ailleurs que les diverses altérations comportementales et les pathologies psychiatriques mentionnées ci-dessus sont, en dehors du contexte spécifique de la maltraitance, associées à des modifications biologiques comme des changements du taux des hormones du stress, l'apparition de marqueurs de l'inflammation, la survenue d'altérations de la morphologie et du fonctionnement cérébral. Par exemple, les patients atteints de dépression ou de stress post-traumatique présentent des altérations des systèmes cérébraux impliqués dans la mémoire et les émotions.

On peut dès lors s'interroger : ces altérations biologiques sont-elles induites par la maltraitance infantile elle-même, ou en sont-elles indépendantes ? En effet, il se pourrait que la maltraitance induise, d'une part,

les altérations psychiatriques, et, d'autre part, d'une façon indépendante, des altérations cérébrales. Mais il se pourrait aussi que la maltraitance induise des altérations biologiques, qui elles-mêmes induisent les pathologiques psychiatriques. Et si on se situe dans cette dernière chaîne causale, on peut aussi se demander si les diverses formes de maltraitance (maltraitance physique, psychologique, négligence, abus sexuels) produisent les mêmes effets ou bien s'il existe une signature biologique et comportementale spécifique à chaque forme de maltraitance ?

Une autre question fascinante est celle de savoir si les conséquences biologiques observées chez l'adulte sont identiques quel que soit l'âge auquel survient la maltraitance ? Est-ce qu'une maltraitance survenue pendant la petite enfance aura les mêmes conséquences qu'une maltraitance qui survient chez un adolescent par exemple ? Une autre question brûlante est celle de savoir si les effets de la maltraitance sont durables ou s'ils s'estompent avec le temps ? Ou, même, si ces effets pourraient se transmettre à la génération suivante ?

Finalement, pour introduire une touche d'espoir, est-ce que les conséquences biologiques observées sont réversibles, c'est-à-dire existe-t-il des interventions qui pourraient les atténuer ? Autant de questions cruciales auxquelles ce livre essayera de donner des éléments de réponse, en se basant sur des études scientifiques publiées ces dernières années. Étant donné l'ampleur du sujet, nous nous focaliserons uniquement sur les conséquences cérébrales de ces maltraitances, et non sur les conséquences dans d'autres parties du corps.

Les conséquences de la maltraitance sur la morphologie cérébrale

Le cerveau est loin d'être achevé à la naissance : en effet, il se développe progressivement pendant toute la période embryonnaire puis fœtale, et ce processus se poursuit pendant l'enfance et l'adolescence du sujet, si bien que le nouveau-né se caractérise par un cerveau encore très immature. La maturation progressive du cerveau est hétérogène, dans le sens que certaines régions atteignent un stade de maturité bien plus tôt que d'autres. En effet, certaines aires cérébrales comme le cortex préfrontal, qui est la partie du cerveau qui se trouve sous le front et qui est impliquée dans des fonctions comme la planification de l'action, la résolution de problèmes complexes, la régulation des émotions, n'atteignent leur pleine maturité que vers l'âge de 25 ans.

Pour d'autres régions situées plus en profondeur, comme l'hippocampe, une région nichée dans les lobes temporaux et impliquée dans la mémoire, l'orientation dans l'espace et la régulation de la libération des hormones du stress, on observe que son volume croît brutalement chez le nouveau-né jusqu'à l'âge de 2 ans, et continue de croître ensuite, mais de façon plus lente et jusque vers l'âge de 12 ans.

Par ailleurs, l'amygdale, une région du cerveau (à ne pas confondre avec les amygdales que nous avons dans la gorge) cruciale pour les apprentissages émotionnels, le traitement de la valence d'une information (c'est-à-dire si celle-ci est positive ou négative) et les interactions sociales complexes, est mature au milieu de l'enfance, mais elle comporte aussi des populations de neurones qui n'atteignent leur pleine maturité que bien plus tard. En se basant sur ces trois exemples, on

voit clairement que la trajectoire de développement est différente en fonction de la région cérébrale concernée.

Quels sont les facteurs qui sont impliqués dans ces trajectoires ? Le développement de ces régions cérébrales dépend fortement du patrimoine génétique du sujet, mais le cerveau est aussi sculpté par l'environnement dans lequel la personne est placée pendant son développement.

On sait qu'un stress chronique peut altérer le volume de certaines aires cérébrales quand il survient chez un sujet adulte, mais, si un sujet est exposé à des situations de stress et de trauma pendant l'enfance et l'adolescence, les conséquences seront plus importantes et durables, car elles pourront entraver la trajectoire développementale des diverses aires cérébrales, induisant des conséquences et des dysfonctionnements persistants. Étant donné que la trajectoire de maturation est variable d'une aire cérébrale à l'autre, la vulnérabilité des différentes régions du cerveau sera variable en fonction de l'âge du sujet au moment de la maltraitance : il a été montré que l'hippocampe est particulièrement vulnérable chez un enfant âgé de 3 à 5 ans, l'amygdale est plus sensible chez des enfants âgés de 10-11 ans et le cortex préfrontal chez des adolescents de 14 à 16 ans. Cette temporalité ne coïncide pas forcément avec l'âge auquel ces régions sont matures, mais plutôt avec l'âge auquel elles sont le plus sensibles aux facteurs environnementaux.

Cela signifie donc que, si un enfant est exposé à des situations de stress limitées sur une période spécifique, les conséquences à long terme seront moindres que s'il y est exposé pendant toute l'enfance. À ce titre, une intervention précoce et protectionnelle de l'enfant permet d'en limiter les effets. Cependant, bien souvent, des sujets sont victimes de maltraitance tout au long de leur enfance, sans que de telles mesures soient mises en place. Dans ce cas, les conséquences seront logiquement beaucoup plus amples et néfastes.

Comment faire pour étudier les conséquences cérébrales de la maltraitance ? En réalité, la réponse est complexe, car tout dépend de ce que l'on veut étudier précisément. S'intéresse-t-on à la morphologie du cerveau, à son fonctionnement ? Et à quelle échelle veut-on se placer : à l'échelle des aires cérébrales, à l'échelle des microcircuits, à l'échelle des cellules ? Chaque niveau fournira des informations spécifiques.

Dans cette section, nous nous intéresserons uniquement à la taille des différentes aires cérébrales. Cette dernière peut s'étudier avec différentes techniques comme des techniques d'imagerie cérébrale *in vivo* telles que l'Imagerie par résonance magnétique (IRM). L'avantage de ces méthodes d'étude est que leur utilisation n'a aucune conséquence sur le cerveau du sujet, et qu'elles peuvent donc être utilisées chez des sujets vivants, y compris de façon longitudinale : on peut donc répéter la mesure plusieurs fois au cours de la vie d'un individu, permettant ainsi de suivre l'évolution de la trajectoire développementale d'une personne. Elles sont dites non invasives, puisqu'elles n'affectent pas le sujet. Ce dernier n'aura d'autres obligations que de passer une IRM, ce qui est une procédure très classique, non douloureuse, sans conséquence.

Les études se font rarement pendant l'enfance, et elles consistent en général à recruter une population de sujets adultes qui ont ou pas subi des maltraitances alors qu'ils étaient enfants, ce qui permet d'étudier la persistance des altérations cérébrales produites par la maltraitance infantile à l'âge adulte. Ces mesures sont les plus intéressantes, car elles permettent d'avoir des informations sur la persistance dans le temps des altérations observées chez les enfants. Afin d'évaluer si ces adultes ont ou non subi des maltraitances durant l'enfance, il leur est proposé de passer un questionnaire qui évalue, de façon rétrospective, leur vécu lorsqu'ils étaient enfants. Ils passent en parallèle une IRM qui permettra d'évaluer le volume des différentes zones de leur cerveau. Les expérimentateurs pourront

ensuite comparer les volumes des différentes aires cérébrales, en fonction du fait que ces adultes ont ou non subi des maltraitances quand ils étaient enfants.

Les limites de ces études sont liées à l'utilisation de scores de maltraitance rétrospectifs : en général, on ne peut pas savoir avec certitude si les adultes ne mésestiment pas des épisodes de vie survenus bien des années avant la passation de ces échelles de maltraitance. Par exemple, si une personne est atteinte de dépression, ce qui est malheureusement fréquent chez les personnes ayant vécu des maltraitances durant l'enfance, elle risque de présenter ce qu'on appelle un « biais cognitif négatif » : elle aura tendance à repérer plus facilement les aspects négatifs de sa vie, et donc de surévaluer les maltraitances subies.

Un autre inconvénient est lié au fait que les IRM n'ont souvent pas de résolution spatiale très élevée (certaines IRM ont des résolutions élevées, mais elles sont très chères et donc rarement disponibles) : elles ne permettent donc pas de voir la morphologie cérébrale de façon très détaillée et risquent par conséquent de ne fournir qu'une idée d'ensemble de ce qui se passe dans le cerveau. Cette approche ne permet cependant pas d'approcher ce qui se passe à d'autres échelles, plus microscopiques, comme ce qui se passe à l'échelle des cellules du cerveau.

Cela nécessite de disposer des cerveaux eux-mêmes et donc de réaliser des études *post mortem*, ce qui est assez difficile, car nécessite de disposer de banques de cerveaux, c'est-à-dire de pouvoir prélever et de conserver des cerveaux de personnes qui ont fait un don de leur corps à la médecine. Une approche alternative consiste à utiliser des modèles animaux comme les rongeurs de laboratoire. En effet, ces derniers ont un comportement parental assez développé, et leur cerveau est très immature à la naissance, ce qui permet d'utiliser ces espèces pour étudier les conséquences de la maltraitance.

Pour couronner le tout, il existe une grande variété du comportement maternel de ces espèces, certains animaux dispensant beaucoup de soins maternels, et d'autres très peu. Bien sûr, un rongeur est éloigné d'un humain, certaines parties de son cerveau étant peu développées, mais cela peut donner des indications par une forme d'approximation. Les deux types d'études (*post mortem* chez l'homme et études chez l'animal), combinés, permettent d'avoir une vue d'ensemble plus précise des conséquences de la maltraitance sur la morphologie cérébrale.

Alors, que montrent ces études ? Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de donner une description rapide du traitement de l'information dans le cerveau. Deux points importants sont à retenir : a) le cerveau est composé de différentes régions, spécialisées dans le traitement de processus spécialisés. Certaines régions sont spécialisées dans la mémoire, d'autres dans les émotions, d'autres dans le traitement des informations sensorielles, etc. ; b) l'information est traitée à la fois de façon sérielle, parallèle et distribuée. En effet, certaines informations sont traitées de façon sérielle, c'est-à-dire linéaire : lorsqu'un stimulus est détecté dans l'environnement, il est d'abord traité par les organes sensoriels spécifiques, puis par des zones cérébrales spécialisées dans le traitement approfondi d'informations sensorielles (cortex auditif ou visuel, ou somatosensoriel, selon la modalité sensorielle concernée), puis par des aires multisensorielles qui permettent d'intégrer différentes modalités sensorielles, puis par des aires spécialisées dans la mémoire, les émotions, par des zones en charge de la motricité, etc.

Pour compliquer les choses, les aires spécialisées peuvent à leur tour moduler l'activité des aires sensorielles, ce qui permet, par exemple, de détecter plus rapidement des stimuli dangereux. En effet, si vous voyez une mygale au milieu d'un tas de photos neutres, vous allez détecter beaucoup plus rapidement

la photo de la mygale que les photos neutres et ceci se réalise via des projections de l'amygdale vers les aires visuelles : ainsi, les aires visuelles vont moduler leur activité pour tenir compte des informations de nature émotionnelle.

Ce n'est qu'un exemple, qui illustre le fait que les aires sensorielles ne traitent pas les informations du monde extérieur d'une façon neutre, comme le ferait un appareil photo. Par ailleurs, les informations sont aussi traitées de façon parallèle, c'est-à-dire simultanée : quand nous parlons avec quelqu'un, nous traitons en même temps le sens des mots, mais aussi le ton employé et les expressions du visage de notre interlocuteur, ce qui mobilise de façon simultanée les zones cérébrales en charge de ces différents processus. Et, pour finir, les informations sont aussi traitées de façon distribuée, dans le sens que le traitement n'est pas centralisé, mais fait intervenir des aires cérébrales interconnectées entres elles. Il s'agit donc d'un système hybride entre toutes ces modalités.

Venons-en aux découvertes qui ont été faites concernant les altérations de la morphologie cérébrale chez des adultes survivants1 de différentes formes de maltraitance pendant leur enfance. On peut tout d'abord évoquer des recherches qui se sont intéressées à la morphologie de zones cérébrales impliquées dans le traitement d'informations sensorielles. En effet, quand un enfant subit des maltraitances, les informations concernant les faits dont il a été victime lui parviennent en premier lieu via des canaux sensoriels comme l'audition (en cas de maltraitances véhiculées sur le plan verbal), la vision (dans le cas p. ex. où un

1. Les auteurs des publications relatant les recherches scientifiques sur la maltraitance infantile utilisent le terme « victime » ou l'expression « personne ayant vécu de la maltraitance durant l'enfance » davantage que le terme « survivant », en général préféré par les personnes concernées. En effet, ce dernier met plus en lumière la capacité de résilience des personnes. Pour rester dans la ligne des productions scientifiques, nous utiliserons « victimes » ou « personnes ayant vécu de la maltraitance », mais nous utiliserons aussi certaines fois le terme « survivant » pour souligner les processus actifs qui se mettent en place chez les personnes concernées.

enfant est le témoin visuel de violences) ou les zones génitales (dans le cas d'agressions sexuelles).

Les études ont donc tout d'abord cherché à savoir si les zones cérébrales de traitement des informations sensorielles étaient altérées, et si ces altérations avaient un lien avec le type précis de maltraitance subi par l'enfant. C'est pour cette raison qu'une étude s'est intéressée au volume du cortex auditif chez des enfants qui avaient subi des maltraitances psychologiques comme des humiliations, une forme de maltraitances basée sur la modalité verbale. Elle a montré que, lorsque ces enfants étaient devenus des jeunes adultes, ils présentaient une augmentation du volume de matière grise dans une partie du cortex auditif.

En outre, l'étendue d'un faisceau de fibres cérébrales, appelé « faisceau arqué gauche », qui relie l'aire de Broca (qui permet la production du langage) et l'aire de Wernicke (qui permet la compréhension du langage) était réduite, ce qui peut être associé à une difficulté de compréhension du langage.

Par ailleurs, dans une autre étude, le fait de voir des violences interfamiliales était associé à une diminution du volume d'une partie des aires visuelles cérébrales et d'un faisceau de fibres qui relie le cortex visuel avec des aires cérébrales spécialisées dans le traitement des informations émotionnelles. Ces effets étaient surtout observés lorsque les enfants qui étaient témoins de violences avaient entre 7 et 13 ans, comme s'il y avait une fenêtre de sensibilité plus élevée chez cette classe d'âge.

Enfin, une autre étude s'est intéressée aux effets cérébraux d'une agression sexuelle. Dans ce cas, les individus, une fois adultes, présentaient une diminution du volume du cortex visuel ainsi qu'une diminution de la partie du cortex qui est impliquée dans la représentation du corps. En effet, une zone spécifique du cerveau, appelée « cortex somatosensoriel », permet la représentation de notre corps au travers d'une

topographie très précise : certaines parties de cette zone sont spécialisées dans la représentation d'un doigt par exemple, une autre est spécialisée dans la représentation de la jambe, et ainsi de suite. Chez les survivants d'agressions sexuelles pendant l'enfance, ce n'est pas l'ensemble du cortex somatosensoriel qui est altéré, mais spécifiquement la sous-région impliquée dans la représentation des zones génitales.

Pour résumer cette partie sur les altérations des aires sensorielles du cerveau, de façon intéressante, elles sont en général spécifiques de la modalité sensorielle impliquée dans la maltraitance. En effet, les enfants qui étaient victimes de maltraitances psychologiques avaient des altérations des aires auditives et du langage, mais pas d'altération du cortex somatosensoriel ou visuel. Et inversement ; les enfants victimes d'agressions sexuelles n'avaient pas d'altération du cortex auditif, ou ceux témoins de violences ne présentaient pas de modifications dans les aires visuelles ou somatosensorielles. Ceci indique donc une certaine spécificité des atteintes, du moins sur le plan sensoriel : ces atteintes sont spécifiques de la modalité sensorielle qui était mobilisée au cours de la maltraitance subie.

Une fois l'information traitée par les aires sensorielles, celle-ci est véhiculée parallèlement vers trois autres aires cérébrales impliquées respectivement dans les émotions, la mémoire et les fonctions cognitives complexes : l'amygdale, l'hippocampe et le cortex préfrontal. Observe-t-on des altérations du volume de ces régions chez des adultes ayant subi des maltraitances infantiles ? Une nouvelle fois, les études ont montré des résultats qui dépendaient du type de maltraitance auquel les enfants avaient été exposés. En effet, une diminution du volume de l'amygdale a été trouvée chez des adultes ayant vécu des maltraitances physiques, mais aussi de la négligence durant l'enfance. Cependant on retrouve cette altération aussi chez des enfants qui ont été exposés à d'autres formes

d'adversité précoce, comme la pauvreté. Il en est de même de l'hippocampe, dont le volume est diminué à la fois dans le cas de maltraitance physique, de négligence, de pauvreté, mais aussi d'agression sexuelle, en particulier si ces dernières surviennent alors que l'enfant est âgé de moins de 13 ans.

Finalement, une diminution du volume du cortex préfrontal a été observée en cas de maltraitance physique, de négligence et d'agression sexuelle si cette dernière survient après l'âge de 14 ans. Ainsi, on peut dire que les différentes formes de maltraitances induisent des altérations du volume des aires cérébrales impliquées dans les émotions, la mémoire, la prise de décision. On suppose que ces altérations expliquent en partie les altérations comportementales et cognitives qui peuvent survenir par suite de la maltraitance comme les comportements dits antisociaux, l'anxiété, les difficultés sur le plan de la mémoire et de la régulation des émotions.

On peut noter aussi que la pauvreté, qui n'est pas une forme de maltraitance, produit des effets similaires à la maltraitance : quand les effets de la maltraitance et de la pauvreté s'additionnent, cela provoque des altérations encore plus amples.

Une question qui surgit à ce stade est celle de savoir si ces altérations du volume de diverses aires cérébrales sont à mettre en lien avec des changements au niveau des cellules qui sont comme les briques de base de ces régions cérébrales ? On sait en effet que, si on explore le cerveau à une échelle plus microscopique, il est composé d'un nombre impressionnant de cellules. Ainsi, les chercheurs estiment que le cerveau humain comporte en moyenne 86 milliards de neurones liés les uns aux autres : chaque neurone est connecté en moyenne à 7 000 autres ! Il s'agit donc d'une structure particulièrement complexe.

Pour compliquer encore les choses, il existe une grande diversité de neurones : certaines études ont

permis de montrer qu'il y a plus de cent types de neurones différents. En général, on les regroupe en deux grandes catégories, les neurones excitateurs et les neurones inhibiteurs : la plupart sont excitateurs, comme les neurones pyramidaux (environ 80 % des neurones sont excitateurs) et d'autres sont inhibiteurs, comme les neurones à parvalbumine. Chacun de ces neurones comporte un corps cellulaire, un axone, qui est un long prolongement qui émane du corps cellulaire et des dendrites qui sont eux-mêmes les prolongements par lesquels l'information arrive dans le corps cellulaire. Les neurones sont connectés les uns aux autres par le biais de synapses : l'axone conduit le signal électrique du corps cellulaire vers les synapses, transmettant ainsi l'information aux dendrites d'autres neurones. Un axone donné présente des synapses avec de nombreux autres neurones : cela est rendu possible par le fait que l'axone se termine par une vaste structure très ramifiée appelée arborisation terminale.

Au niveau des dendrites, on peut identifier des petites excroissances appelées « épines dendritiques » : c'est au niveau de ces structures que l'on trouve les synapses. Ces épines dendritiques évoluent sans cesse, parfois d'une heure à l'autre, naissant et disparaissant en fonction de l'information qui circule. Au cours du développement, les neurones sont générés surtout avant la naissance, même si, dans certaines aires cérébrales comme l'hippocampe, des nouveaux neurones naissent chaque jour tout au long de la vie du sujet : on appelle cela la neurogenèse adulte. Les synapses sont un processus très plastique, c'est-à-dire malléable : elles sont formées, renforcées et éliminées en fonction de l'expérience du sujet. De plus, le cerveau n'est pas composé que de neurones, et il y a beaucoup d'autres types de cellules, comme les astrocytes, qui fournissent des nutriments aux neurones, des cellules microgliales, qui sont impliquées dans la neuro-inflammation, ou encore des oligodendrocytes, qui entourent les axones des neurones

d'une gaine facilitant la transmission de l'information d'un neurone à un autre.

En outre, certains neurones peuvent être encerclés d'une forme de maillage dense appelé « réseau périneuronal » qui fige les neurones et les rend moins plastiques : de façon intéressante, ces structures se développent entre la petite enfance et le début de l'adolescence. On comprend tout de suite que décrire comment les différentes formes de maltraitances impactent les différentes cellules cérébrales est une tâche complexe et difficile à synthétiser puisqu'il faut prendre en compte les types de cellules concernés, mais aussi la zone cérébrale dans laquelle sont faites les observations.

Pour cette raison, nous allons nous contenter ici de résumer en quelques grandes lignes les découvertes qui ont été réalisées.

Commençons par les neurones. Les études montrent : a) que la maltraitance infantile, et plus généralement l'adversité précoce, impacte les populations neuronales dans diverses régions cérébrales, en particulier le cortex préfrontal (en charge des processus cognitifs complexes), l'amygdale (impliquée dans les émotions et le stress), l'hippocampe (impliqué dans la mémoire et la régulation des hormones du stress) et les aires cérébrales du circuit de la récompense (le noyau accumbens et l'aire tegmentale ventrale) ; b) que les effets de la maltraitance sur le plan cellulaire dépendent de la région cérébrale concernée. Ainsi, dans des régions cérébrales comme le cortex préfrontal, le nombre et l'étendue des neurones sont globalement réduits (diminution du nombre d'épines dendritiques et de la complexité des dendrites des neurones pyramidaux, diminution de la densité des neurones à parvalbumine) alors que le phénomène opposé est observé dans l'amygdale (augmentation des épines dendritiques et de la complexité des dendrites des neurones pyramidaux, augmentation de la densité des neurones parvalbumine). Ceci suggère que la connectivité du

cortex préfrontal est diminuée, alors que la fonction de l'amygdale et sa connectivité sont augmentées : on peut supposer que ces remaniements induisent des effets fonctionnels, comme une diminution de la régulation des émotions et une augmentation de la vulnérabilité au stress.

En outre, une augmentation des réseaux périneuronaux qui entourent les cellules à parvalbumine dans une partie du cortex préfrontal a été mise en évidence dans le cerveau de personnes adultes qui ont subi de l'adversité précoce alors qu'elles étaient enfants, ainsi qu'une diminution de cette densité dans l'amygdale et l'hippocampe. Ceci montre que ces altérations ne sont pas transitoires, mais persistent chez les sujets tout au long de la vie. Ceci pourrait contribuer à cristalliser les réseaux neuronaux dans ces régions. Étant donné que les souvenirs traumatiques mobilisent ces réseaux, ceci pourrait contribuer à les ancrer profondément dans la mémoire des sujets.

Des altérations ont également été observés concernant les autres types de cellules du cerveau, en particulier en ce qui concerne les oligodendrocytes et les cellules microgliales. Les oligodendrocytes sont essentiels pour la formation de la gaine de myéline, cette gaine qui entoure les axones des neurones et facilite la transmission de l'information.

Dans une étude *post mortem* chez l'humain, il a été montré que, dans le cerveau de sujets adultes survivants de maltraitance durant l'enfance, le nombre de ces cellules était réduit dans une partie du cortex préfrontal, ce qui suggère une baisse de la connectivité de cette région avec d'autres aires cérébrales. Des études ultérieures ont montré que, dans une autre partie du cortex préfrontal, il y avait une augmentation des oligodendrocytes matures et une diminution des oligodendrocytes immatures. Ceci suggère que la maltraitance infantile conduit à une accélération de la maturation de ce type de cellules. Étant donné que le cortex préfrontal est impliqué dans la régulation de

l'expression des émotions au travers de ces projections vers des régions sous-corticales comme l'amygdale, on peut imaginer que ce déficit dans les oligodendrocytes conduit à une perte de l'efficacité de cette régulation, et donc à un déficit de ce processus.

Un autre type de cellules est très impacté par la maltraitance infantile, il s'agit des cellules microgliales. Ces cellules, qui représentent de 10 à 15 % de toutes les cellules du cerveau, jouent un rôle déterminant dans la transmission synaptique mais aussi dans l'inflammation. On sait en effet à présent que le cerveau dispose d'un système de défense immunitaire contre les agents pathogènes, et ce phénomène mobilise les cellules microgliales qui sont très plastiques. En effet, ces cellules peuvent changer d'aspect sur le plan morphologique, en fonction du micro-environnement dans lequel elles se trouvent : lorsqu'un message d'alerte survient, elles ont la capacité de s'activer (ce qui se traduit par un changement morphologique), mais aussi de se déplacer, de se multiplier, de sécréter des facteurs pro- et anti-inflammatoires. Des changements dans les cellules microgliales ont été observés après maltraitance infantile. En particulier, ces études ont trouvé une augmentation de la microglie activée dans le cortex préfrontal et l'hippocampe, ce qui signifie qu'il y a probablement une neuro-inflammation dans ces zones, ce qui les rendrait dysfonctionnelles.

Pour résumer, on peut dire que la maltraitance infantile induit des changements de volume de différentes aires cérébrales du circuit du stress et de la cognition. Ces changements se retrouvent à l'échelle cellulaire et à l'échelle moléculaire. Il s'agit de changements à long terme, car ils ne s'observent pas seulement pendant l'enfance des sujets, mais persistent jusqu'à l'âge adulte, impactant les processus cognitifs, ainsi que le circuit du stress, celui des émotions et du traitement de la récompense. Certains changements se retrouvent à l'identique, quelle que soit la forme de maltraitance à laquelle les sujets ont été confrontés,

alors que d'autres, comme des changements dans les régions cérébrales en charge du traitement des informations sensorielles, sont spécifiques de la modalité sensorielle engagée lors de la maltraitance.

Les altérations du fonctionnement et de la connectivité du cerveau

Comme nous venons de le voir, la maltraitance infantile induit des changements de la morphologie de diverses parties du cerveau : ces altérations concernent le volume de ces régions, mais elles se retrouvent aussi à des échelles plus microscopiques, comme l'échelle cellulaire. Mais qu'en est-il du fonctionnement du cerveau ? Alors que la morphologie peut s'étudier au travers de la technique de l'IRM structurelle, son fonctionnement s'étudie à l'aide de l'IRM fonctionnelle ou à l'aide de la technique de la tomographie par émission de positons (TEP) métabolique. En gros, ces méthodes mesurent indirectement le flux sanguin cérébral, avec l'idée qu'une augmentation de ce paramètre est une indication d'une augmentation de l'activité des neurones. En outre, ces méthodes peuvent être appliquées soit chez un sujet « au repos », c'est-à-dire chez une personne qui ne fait rien de particulier, soit au cours de tâches spécifiques, comme se rappeler d'un événement, regarder un film, regarder certaines images, etc. Les tâches utilisées varient d'une étude à l'autre, si bien que les recherches sur le sujet sont nombreuses et qu'il est quelquefois difficile d'en tirer une synthèse.

Concernant l'activité de régions cérébrales singulières, les travaux se sont focalisés sur deux régions : l'amygdale, une région fortement recrutée par les émotions négatives et le stress, et le striatum, une région liée au traitement de la récompense et de l'anticipation de situations plaisantes. Alors que le volume de ces deux régions n'était pas systématiquement altéré par une expérience de maltraitance infantile, leur activité est fortement impactée et ceci dans presque toutes les études. En effet, l'activité de

l'amygdale est fortement augmentée chez les survivants de maltraitances, en particulier lors de la présentation de photos de visages humains exprimant des émotions comme la peur, la tristesse et la colère. Cette augmentation est sans doute à mettre en relation avec une augmentation de la capacité de ces personnes à détecter les situations menaçantes : ainsi, le danger est détecté plus rapidement chez des personnes ayant subi de la maltraitance, et ceci quelle que soit la forme de maltraitance à laquelle les personnes ont été confrontées.

Par ailleurs, l'activité du striatum est diminuée, et ceci à la fois lors du plaisir ou lors de l'anticipation de la survenue d'un événement plaisant. Le fonctionnement de cette région est particulièrement altéré si la maltraitance est survenue entre la naissance et l'âge de 9 ans : il s'agit de la période de développement de cette région.

Lorsqu'une région cérébrale est moins active, cela peut résulter de différents facteurs : soit son activité intrinsèque est moindre, soit elle est moins activée par d'autres régions avec lesquelles elle est connectée, soit elle est davantage inhibée par d'autres régions avec lesquelles elle est connectée. Et le raisonnement opposé s'applique lorsqu'une région est hyperactive. Il est impossible d'évaluer l'activité intrinsèque d'une région cérébrale, c'est-à-dire l'activité qu'elle aurait si elle n'était pas connectée aux autres, puisque les diverses zones du cerveau sont en relation constante les unes avec les autres.

En effet, dans le cerveau, une région n'est jamais isolée, mais elle est en constante interaction avec beaucoup d'autres régions. La connectivité fonctionnelle peut s'étudier à l'aide d'outils mathématiques élaborés. Les effets de la maltraitance infantile ont été étudiés à la fois en ce qui concerne la connectivité d'une région cérébrale singulière (en l'occurrence, l'amygdale) et d'autres régions avec lesquelles elle est connectée, soit au sein de réseaux cérébraux précis.

Qu'est-ce que ces études ont mis en évidence ? Les recherches se sont beaucoup intéressées à la connectivité de l'amygdale avec le cortex préfrontal, région fortement impliquée dans la régulation des émotions. L'impact de la maltraitance sur la connectivité de l'amygdale avec cette région a été étudié soit lorsque les personnes étaient au repos, c'est-à-dire alors qu'elles ne recevaient pas d'instructions précises, soit lors de certaines tâches comme regarder des photos de visages présentant des expressions faciales émotionnelles. Elle a aussi été étudiée chez des sujets de différentes classes d'âge et après différents types de maltraitance. L'image qui se dégage de ces études est donc complexe, mais néanmoins relativement cohérente.

La connectivité entre cortex préfrontal et amygdale est cruciale pour les émotions, et en particulier pour les apprentissages émotionnels, l'attention, la régulation des émotions et la prédiction de ces dernières. Pour comprendre les résultats des études, il faut les comparer avec la trajectoire développementale normale de ces connexions entre la naissance et l'âge adulte. On sait en effet qu'en fonction de l'âge, la connectivité physique entre ces deux régions se développe progressivement, pour atteindre sa pleine maturité chez le jeune adulte, autour de l'âge de 25 ans, ce qui est très tardif : ce patron de développement est bien plus tardif que celui d'autres connexions (qui sont matures vers l'âge de 11 ans), et il est bidirectionnel, à la fois du cortex préfrontal vers l'amygdale, mais aussi en sens opposé. La connectivité fonctionnelle à l'état de repos entre l'amygdale et le cortex préfrontal augmente elle aussi progressivement en fonction de l'âge chronologique : elle est faible chez le très jeune enfant, moyenne chez des enfants de 8 ans, plus importante au cours de l'adolescence, pour atteindre un maximum à l'âge adulte, lorsque le cortex préfrontal atteint sa pleine maturité.

Par ailleurs, la connectivité fonctionnelle observée entre ces deux régions lors de tâches telles que celle qui consiste à regarder des visages exprimant des émotions diminue au cours de l'âge : elle passe de forte dans la petite enfance, à moyenne à l'adolescence et faible chez les adultes. De façon impressionnante, la maltraitance infantile accélère ces deux trajectoires développementales. Ainsi, des enfants qui ont été exposés à des formes sévères de négligence ou de violence présentent un patron de connectivité fonctionnelle ressemblant à celui d'adultes. Une interprétation de ces données suggère que le stress précoce induit une accélération du développement des circuits de régulation émotionnelle. Ceci a été particulièrement documenté en cas de négligence, par exemple, chez les enfants placés dans des institutions maltraitantes, mais aussi chez des enfants témoins de violences et chez des enfants de mamans atteintes de dépression, une pathologie qui les empêcherait de prendre soin de leurs enfants d'une façon ajustée.

Cependant, ce n'est pas parce qu'un patron de développement est accéléré qu'il est optimisé. Pour bien le comprendre, on peut se référer au concept de « paysage épigénétique » proposé par Conrad Waddington, un biologiste du développement anglais qui est en général considéré comme le fondateur de l'épigénétique (nous reviendrons sur cette notion plus tard). En 1940, il a imaginé une « métaphore du paysage », en proposant que, lors de son développement, un organisme pouvait emprunter plusieurs chemins, à la façon d'une bille qui roule sur un paysage vallonné, où sa trajectoire est impactée par la présence de vallées, de collines, de bifurcations.

Un développement accéléré peut être comparé à une bille poussée trop vite sur sa trajectoire, ce qui entraîne le risque de perte de contrôle lors de bifurcations. Ceci ne permet pas une adaptation fine de la trajectoire, prenant en compte les signaux subtils qui viennent de l'environnement, ou la mise en place de mécanismes

de correction fine, tels que ceux qui peuvent survenir lors d'un développement lent. Cette accélération de la trajectoire du développement des connexions entre l'amygdale et le cortex préfrontal chez les survivants de maltraitance comporte donc le risque d'un patron de connexion à l'âge adulte sous-optimal, inadapté ou instable, qui peut expliquer les difficultés de régulation des émotions ou le risque accru de certaines psychopathologies.

D'autres travaux se sont intéressés à la connectivité du cortex préfrontal avec une autre région, le cortex pariétal, une région impliquée dans les processus attentionnels. Ainsi, une étude a montré une baisse de cette connectivité chez des personnes ayant vécu de la maltraitance infantile, ce qui pourrait être mis en relation avec une réduction des capacités à mobiliser une attention soutenue chez les victimes une fois parvenues à l'âge adulte. Cependant, peu de travaux se sont intéressés à cette voie, et ces découvertes doivent encore être confirmées.

À l'inverse, des travaux plus nombreux ont été menés sur le « réseau cérébral du mode par défaut ». Il s'agit non pas de deux aires cérébrales connectées entre elles comme dans les exemples ci-dessus, mais d'un vaste réseau incluant des zones clés comme le cortex préfrontal, le cortex pariétal et l'hippocampe. Ce réseau est actif spontanément quand on ne fait rien de précis, quand on rêvasse et qu'on laisse son esprit vagabonder sans but précis (réflexion introspective) ou quand on réfléchit sur soi-même (métacognition). C'est un peu la partie du cerveau qui est activée lorsque nous sommes en « pilote automatique ».

Cependant, dès que nous nous focalisons sur un danger, ou dès que nous nous concentrons, l'activité de ce réseau diminue pour laisser la place à la mobilisation d'autres réseaux impliqués dans la concentration ou la détection d'éléments saillants dans l'environnement qui nous entoure. En effet, dans ces moments-là, il ne s'agit pas d'être en « pilote automatique », mais

de répondre de façon dirigée et adaptée aux sollicitations de l'environnement. Ce réseau joue donc un rôle fondamental dans ce qu'on appelle les processus autoréférentiels (l'identité personnelle), les interactions sociales, l'empathie, la capacité à faire des réponses ajustées. La connectivité au sein de ce réseau est augmentée chez les adultes survivants de maltraitances pendant l'enfance et ceci est encore accentué par des traumatismes qui pourraient survenir à l'âge adulte.

Cette hyperconnectivité au sein du réseau du mode par défaut est aussi retrouvée chez des patients dépressifs. Elle est corrélée à une hypo-connectivité des autres réseaux cérébraux, associés à la détection de la saillance et aux processus cognitifs complexes. Un peu comme si ces sujets avaient du mal à s'extraire du mode « pilote automatique » pour se focaliser sur des tâches spécifiques. Sur le plan cognitif, les sujets ont du mal à s'intéresser au monde extérieur et se focalisent sur un monde intérieur : ils ruminent des idées noires, et réfléchissent à eux-mêmes sur un mode négatif. L'hyperconnectivité au sein de ce réseau peut donc être mise en relation avec une difficulté à s'extraire du mode « pilote automatique » et avec une représentation de soi-même négative.

Pour finir, de nombreux travaux se sont intéressés aux effets de la maltraitance infantile sur le corps calleux. Le corps calleux est un important faisceau de fibres nerveuses, comportant entre 200 et 250 millions d'axones et qui assure la transmission d'informations entre les deux hémisphères. En effet, les aires cérébrales sont souvent latéralisées, et ceci est particulièrement vrai pour les zones sensorielles et pour les zones motrices. En effet, le cortex somotasensoriel droit traite la représentation de notre hémicorps gauche, et inversement pour le cortex somatosensoriel gauche. Il en est de même pour le cortex visuel gauche, qui contient des informations sur le champ visuel droit, et inversement.

Et on pourrait multiplier les exemples en s'intéressant aux diverses aires cérébrales sensorielles et motrices.

Cependant, cette spécialisation hémisphérique ne se limite pas au traitement des informations sensorielles et motrices car on trouve une latéralisation fonctionnelle aussi en ce qui concerne d'autres processus, qui sont traités différemment par chacun des deux hémisphères : on pense en général que l'hémisphère gauche est plus impliqué dans le raisonnement analytique et séquentiel, alors que le droit serait davantage associé à un traitement de nature plus émotionnel et contextuel. Le corps calleux qui relie les deux hémisphères est donc crucial pour coordonner les informations sensori-motrices gauches et droites, et plus généralement pour intégrer les informations en provenance de chacun des deux hémisphères.

Or il a été montré que la maltraitance infantile induit une diminution de la surface du corps calleux. Le corps calleux se développe progressivement au cours de l'âge, en particulier en ce qui concerne la partie principale et sa partie postérieure qui se développent entre l'âge de 5 ans et l'âge de 18 ans : ce sont précisément ces parties dont la surface est diminuée par la maltraitance. De façon intéressante, plusieurs études ont montré que cette altération du corps calleux après maltraitance se retrouvait surtout sur les garçons (réduction deux fois plus importante que chez les filles). D'autres études sont plus précises, indiquant que, concernant le corps calleux, les garçons sont surtout impactés par la négligence, et les filles surtout par les agressions de nature sexuelle. Pour résumer, cette diminution de la surface du corps calleux est à mettre en lien avec des difficultés d'intégration interhémisphérique.

Ce chapitre nous a donc permis de voir que la maltraitance infantile n'a pas seulement des conséquences à long terme sur la morphologie du cerveau, mais elle impacte aussi le fonctionnement du cerveau, et la façon dont les différentes parties qui le composent sont liées entre elles. Ces différences persistent elles aussi jusqu'à l'âge adulte, induisant des séquelles sur la vie entière. On ne peut donc pas en minorer l'impact.

Effets moléculaires de la maltraitance

Le cerveau est une véritable usine chimique, où des millions de molécules sont synthétisées dans le but d'optimiser le fonctionnement des diverses cellules, comme les neurones. On peut évoquer les neurotransmetteurs, qui permettent la communication chimique entre les neurones, les molécules comme le cortisol, la principale hormone du stress, diverses protéines telles que les canaux ioniques, les récepteurs aux neurotransmetteurs et aux hormones, les enzymes qui permettent la synthèse et la destruction des neurotransmetteurs, les cytokines qui favorisent la communication au sein du système immunitaire ou les facteurs de croissance qui favorisent le développement des neurones, ou encore les ions qui sont impliqués dans l'excitabilité des neurones ou les lipides qui sont les constituants de base du cerveau.

Il est impossible, en quelques lignes, de dresser un panorama exhaustif de l'impact de la maltraitance infantile sur l'ensemble de ces molécules, mais nous nous arrêterons sur quelques exemples emblématiques et bien documentés.

La dopamine

La dopamine est un neurotransmetteur clé du cerveau. Les corps cellulaires des neurones qui sécrètent de la dopamine sont tous concentrés dans une petite région appelée « aire tegmentale ventrale ». Ces neurones projettent vers le noyau accumbens, une région cruciale pour le plaisir, l'anticipation du plaisir et la motivation, vers l'hippocampe et vers le cortex préfrontal, deux régions cérébrales dont nous avons déjà amplement parlé. En outre, l'aire tegmentale ventrale est sous le contrôle d'une autre région, appelée habenula

latérale, qui peut exercer un frein puissant sur la libération de dopamine. Il a été montré que les projections dopaminergiques de l'aire tegmentale ventrale se développent relativement tardivement chez l'enfant : par exemple, la projection de l'aire tegmentale ventrale vers le cortex préfrontal ne se développe qu'à l'adolescence. Ceci suggère que ce système sera particulièrement sensible à des stress qui surviendraient pendant la période au cours de laquelle ce système n'est pas mature comme la petite l'enfance ou l'adolescence. Il a en effet été montré que la maltraitance infantile était associée à une hypoconnectivité fonctionnelle entre l'aire tegmentale ventrale et le cortex préfrontal qui persiste jusqu'à l'âge adulte.

Quelle est la fonction du système dopaminergique ? Il a été montré que, lorsqu'un stimulus agréable comme un aliment au goût plaisant était détecté ou attendu, il y avait une intense libération de dopamine : le niveau de cette molécule est alors, transitoirement, multiplié par deux, puis revient à son niveau initial. Cette libération de dopamine se retrouve aussi après consommation de « récompenses artificielles » comme des drogues : en effet, des substances très différentes, comme l'alcool, la nicotine, la marijuana, la cocaïne ou l'héroïne induisent, elles aussi, une sécrétion de dopamine, et cette dernière est très ample puisqu'elle peut atteindre dix fois la concentration de base de dopamine, soit bien plus que les plaisirs naturels. Cela ne signifie cependant pas que la dopamine est impliquée dans le plaisir en soi, elle est plutôt impliquée dans la capacité d'un sujet à anticiper l'arrivée d'un stimulus agréable.

En effet, on trouve aussi des sécrétions de dopamine dans des situations qui ne sont nullement agréables, comme un stress aigu par exemple. Que se passe-t-il si le stress ou la consommation de substances se répète, devenant chronique ? Si la situation de stress se répète, les capacités du système s'épuisent et on observe une diminution de la sécrétion de dopamine, et son corollaire : l'anhédonie, c'est-à-dire une

difficulté à éprouver du plaisir. Cette anhédonie peut concerner divers types de stimuli : on parle d'anhédonie gustative pour évoquer la difficulté à ressentir du plaisir par rapport au goût plaisant de certains aliments, mais aussi d'anhédonie sociale pour évoquer la difficulté à ressentir du plaisir par rapport aux situations socialement agréables.

La répétition de la consommation de substances produit elle aussi une anhédonie et une addiction, le sujet n'arrivant plus à avoir un contrôle sur la prise de la substance : la dopamine en excès conduit à des adaptations du système, comme des modifications au niveau des récepteurs de la dopamine dans le noyau accumbens, qui diminuent.

Des études, peu nombreuses, se sont intéressées aux effets de la maltraitance infantile sur le système dopaminergique. Ceci est d'autant plus pertinent que l'on sait que les survivants de maltraitance présentent une anhédonie et une augmentation du risque d'addiction. Ces études ont montré que les survivants d'un historique de maltraitance présentaient une altération de la fonction du système dopaminergique dans le noyau accumbens par suite d'un stress.

D'autres travaux ont utilisé des modèles animaux de maltraitance. On sait en effet que les rongeurs comme les rats et les souris présentent un comportement maternel très élaboré, caractérisé par la construction d'un nid pour les petits, par du léchage et du toilettage des petits, et par la présentation d'une posture « en arche » facilitant l'accès des petits aux mamelles de ces rongeurs. Il existe plusieurs modèles animaux de maltraitance chez les rongeurs, qui se basent soit sur la variabilité spontanée du comportement maternel de ces animaux (certains animaux ont spontanément un comportement maternel peu développé, d'autres un comportement très développé, et d'autres encore un niveau intermédiaire), soit induisent, par le biais de manipulations expérimentales, une diminution des soins maternels en limitant la litière des mères, ou

en séparant la mère de ses petits pendant plusieurs heures chaque jour.

Il a été montré que ces divers modèles de maltraitance induisaient chez les descendants des rongeurs qui y sont exposés une activité aberrante dans les terminaisons des neurones dopaminergiques, et une libération de dopamine dans le noyau accumbens par suite d'un stress plus importante que chez les sujets témoins. Ces altérations pourraient sous-tendre l'anhédonie et le risque accru d'addiction chez les survivants de maltraitance.

Les hormones du stress

Lorsqu'un sujet est confronté à une situation stressante, on observe une libération d'hormones du stress comme le cortisol, un glucocorticoïde, qui se réalise grâce à de petites glandes situées sur les reins et qui, pour cela, sont appelées « glandes surrénales ». Une fois sécrété, le cortisol se fixe sur des récepteurs aux glucocorticoïdes localisés dans différents types de cellules, ce qui permet de mobiliser des ressources énergétiques dont le corps a besoin pour affronter cette situation de défi. Néanmoins, un taux trop important d'hormones de stress pourrait se révéler délétère pour l'organisme, si bien qu'il existe des boucles de rétroaction qui empêchent que le système ne s'emballe. En effet, des récepteurs aux glucocorticoïdes sont localisés dans l'hippocampe et le cortex préfrontal : lorsque le taux d'hormones de stress augmente, le cortisol en excès se fixe sur ces récepteurs, et cela déclenche la mise en œuvre d'un frein puissant sur la sécrétion de cortisol par les surrénales.

Ainsi, la durée du pic de cortisol se réduit, et le système revient rapidement à son état de base. Cependant, si le stress se répète, petit à petit, la capacité du sujet d'affronter un stress décline, et la sécrétion de cortisol diminue petit à petit, pour arriver à un niveau basal très faible. Que se passe-t-il alors chez les personnes

ayant vécu de la maltraitance infantile ? Des études fascinantes ont été menées par l'équipe de Michael Meaney au Canada. Ce chercheur comparait les comportements et le cerveau de rats qui avaient bénéficié soit de soins maternels très importants pendant leur enfance, soit de peu de soins maternels. D'une certaine manière, on peut considérer que ces derniers « ressembleraient » à des enfants maltraités humains. Ils ont constaté que les petits qui ont bénéficié de peu de soins maternels présentaient une augmentation du niveau d'hormones de stress, et que ceci était associé à une diminution du nombre de récepteurs aux glucocorticoïdes. Ceci est lié aussi au fait que, comme nous l'avons déjà vu, l'activité de l'hippocampe et du cortex préfrontal est réduite chez ces sujets et que les récepteurs aux glucocorticoïdes qui se trouvaient dans ces régions sont en faible quantité et sont devenus moins sensibles au cortisol.

Ainsi, le frein qui normalement se met en place via ces récepteurs dès qu'il y a un pic d'hormones du stress fonctionne moins bien, si bien que la réponse hormonale au stress se prolonge.

Pourquoi y a-t-il moins de récepteurs aux glucocorticoïdes ? Ces derniers sont, comme toutes les protéines, fabriqués grâce à un gène, appelé gène du récepteur aux glucocorticoïdes ou encore *NR3C1*. Lorsque ce gène donne l'ordre de fabriquer ce récepteur, cet ordre peut être plus ou moins efficace en fonction de ce que l'on appelle des mécanismes « épigénétiques ». Le mot peut sembler complexe, mais il désigne en réalité un ensemble de phénomènes très simples, bien que portant des noms barbares comme la méthylation de l'ADN ou l'acétylation des histones. En réalité, il s'agit de modifications chimiques sur l'ADN qui améliorent ou détériorent la transmission de l'information.

Ainsi, ces mécanismes épigénétiques ne modifient pas le code génétique en soi, mais peuvent, par exemple, augmenter ou réduire le niveau de l'ordre que donne

l'ADN de fabriquer une protéine donnée : ainsi, cette protéine sera fabriquée en moins grande quantité. C'est ce qui se passe dans les études décrites ci-dessus concernant le récepteur aux glucocorticoïdes : cette protéine est fabriquée en moindre quantité à la suite d'une méthylation du gène qui en contrôle la fabrication. Ces récepteurs étant diminués en quantité, ils seront moins efficaces pour freiner un excès de glucocorticoïdes, et c'est ainsi qu'on pourra constater un excès d'hormones de stress.

Le BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor)

Le BDNF est un facteur neurotrophique : il s'agit donc d'une protéine qui est impliquée dans divers processus comme la survie des neurones, la plasticité des neurones, la pousse des épines dendritiques, mais aussi la neurogenèse adulte, qui correspond à la fabrication de nouveaux neurones à l'âge adulte, un phénomène observé dans l'hippocampe. Le BDNF est particulièrement exprimé dans des régions déterminantes pour les processus mnésiques et les émotions comme le cortex préfrontal, l'hippocampe, le noyau accumbens, l'amygdale. Nous avons déjà vu précédemment que ces régions étaient durablement altérées par l'expérience de maltraitance infantile et qu'il y avait des modifications des épines dendritiques dans certaines aires précises. On peut donc se demander s'il y avait des altérations du BDNF chez les survivants de maltraitance.

Dans des modèles animaux, il a, en effet, été montré qu'il y avait une réduction du BDNF après adversité précoce dans des zones clés comme l'hippocampe et le cortex préfrontal. Ceci pourrait être mis en relation avec les altérations observées en ce qui concerne la neurogenèse dans l'hippocampe, les changements dans les épines dendritiques, mais aussi les changements sur le plan de la mémoire et des émotions.

Les cytokines

Les cytokines sont les messagers clés de la réponse immunitaire et de l'inflammation. Elles sont sécrétées par les macrophages mais se trouvent aussi dans le cerveau, où elles sont sécrétées par des cellules microgliales. Il en existe plusieurs types, comme les cytokines pro-inflammatoires et les cytokines anti-inflammatoires. Ces cytokines peuvent se retrouver dans le cerveau, en particulier au niveau des aires que nous avons déjà mentionnées à plusieurs reprises (hippocampe, amygdale, cortex préfrontal). Comme nous l'avons déjà vu, il a été montré que des survivants de maltraitances infantiles présentent, de façon durable jusqu'à l'âge adulte, une augmentation de l'inflammation en périphérie, mais aussi dans le cerveau. L'inflammation en périphérie est un facteur de risque important pour les maladies chroniques comme le diabète, les maladies cardiaques et la dépression. L'inflammation cérébrale, encore appelée neuro-inflammation, est associée à une augmentation des cytokines pro-inflammatoires dans les régions où elle est présente et cause des dysfonctionnements de ces régions.

En conclusion, on peut dire que, dans les régions cérébrales qui présentent des dysfonctions chez les adultes survivants de maltraitances pendant l'enfance, on retrouve des altérations de divers facteurs moléculaires qui peuvent entraver leur bon fonctionnement. Ainsi, les découvertes sur le plan moléculaire sont cohérentes avec les découvertes faites en psychologie cognitive et en neuro-imagerie, qui pourtant se situent à des échelles et sur des plans différents.

Vulnérabilité et résilience aux effets de la maltraitance

Comme nous l'avons vu, la maltraitance infantile induit des conséquences cognitives et émotionnelles qui persistent tout au long de l'existence du sujet et qui sont associées à des altérations cérébrales. Cependant, tout le monde n'est pas égal devant la maltraitance : certains sujets sont très vulnérables et présenteront des conséquences de grande ampleur, incluant des pathologies, alors que d'autres seront dits résilients, pour signifier qu'en dépit des maltraitances subies, ils réussiront à avoir un fonctionnement cognitif et cérébral dans la gamme du normal. Certains sujets peuvent même présenter un phénomène appelé « croissance post-traumatique », qui correspond au fait que, face à l'adversité, ils présenteront des changements positifs, comme une augmentation de l'optimisme et de la régulation des émotions, de l'empathie, de la compassion pour autrui.

Dans la même ligne, il existe une théorie appelée « match-mismatch » ou « théorie de l'inoculation du stress » qui postule que de faibles niveaux de stress administrés à un certain moment (p. ex., pendant l'enfance) peuvent protéger ultérieurement un sujet des conséquences délétères d'un autre stress, un peu à la façon d'un vaccin. Quelle que soit la théorie choisie, on peut s'interroger sur la nature des facteurs qui pourraient sous-tendre ces phénomènes adaptatifs : quels facteurs peuvent favoriser la résilience ? Ces facteurs peuvent être de nature psychosociale mais aussi de nature biologique.

En effet, certains travaux ont montré que des facteurs, présents durant l'enfance, pouvaient contribuer à développer la résilience ou la croissance post-traumatique, comme un support social de la part des éducateurs, des relations d'amitié pendant l'adolescence,

l'adhésion à une spiritualité. Qu'en est-il des facteurs biologiques ? Existe-t-il des mécanismes biologiques qui protègent des conséquences dévastatrices de la maltraitance ? La réponse est clairement positive.

Certains facteurs induisent directement ces phénomènes de résilience ou de vulnérabilité, car ils sont présents avant que le sujet ne soit exposé aux facteurs d'adversité : on parle de facteurs d'induction, dans le sens qu'ils sont causalement impliqués dans le phénomène. D'autres en revanche ne sont pas causalement impliqués dans la vulnérabilité ou la résilience, mais sont des marqueurs associés à l'état de vulnérabilité ou de résilience.

L'un des premiers facteurs d'induction est d'ordre génétique. En effet, face à l'adversité, certains individus ont un patrimoine génétique protecteur qui permettra d'atténuer les conséquences néfastes, alors que, pour d'autres, ce sera l'inverse. L'une des études iconiques sur la question est celle qui a été menée à l'aide d'une cohorte de sujets sains se trouvant en Nouvelle-Zélande, et appelée la « cohorte de Dunedin ». Il s'agit d'une population de 1 037 sujets, nés entre 1972 et 1973, et qui ont été suivis de façon longitudinale depuis leur naissance en ce qui concerne leur développement physique, leur santé mentale, leurs traits comportementaux, leur patrimoine génétique, leur vie familiale et les événements de vie auxquels ils ont pu être confrontés.

Cette cohorte est toujours active aujourd'hui, c'est-à-dire qu'elle est toujours l'objet d'études, alors même que les sujets ont dépassé la cinquantaine. Des données ont été recueillies en ce qui concerne la maltraitance infantile lorsque les sujets étaient âgés de 3 à 11 ans, et ceci au travers de questionnaires administrés aux parents et de questionnaires administrés aux membres de la cohorte de façon rétrospective.

Les premières études emblématiques sur cette cohorte en lien avec la vulnérabilité et la résilience par suite

de la maltraitance ont été publiées en 2002, alors que les sujets étaient de jeunes adultes. Elle portait sur le lien entre des variants génétiques du gène de la Monoamine oxydase de type A (MAO-A) et la vulnérabilité/résilience aux effets de la maltraitance infantile. La MAO-A est une enzyme qui dégrade les monoamines comme la dopamine, la sérotonine ou la noradrénaline : ces neurotransmetteurs sont impliqués dans des pathologies comme la dépression, le stress post-traumatique, l'addiction.

Ainsi, en fonction du variant génétique de ce gène, ces neurotransmetteurs seront dégradés et donc détruits plus ou moins facilement, et donc il y aura une quantité de monoamines plus ou moins importante dans le cerveau. Il a été montré que les sujets adultes qui avaient été exposés à de la maltraitance infantile et qui étaient porteurs du variant génétique conduisant à une faible quantité de MAO-A présentaient des comportements antisociaux et une tendance à l'agressivité alors que ceux qui étaient porteurs du variant génétique conduisant à une forte activité de la MAO-A ne présentaient pas ces comportements antisociaux, même lorsqu'ils avaient été exposés à de la maltraitance pendant l'enfance. Cela montre donc que ce facteur génétique a induit une résilience aux effets de la maltraitance infantile. Il est important de remarquer ici que les sujets porteurs du variant associé à la « vulnérabilité », mais qui ne sont pas exposés à de la maltraitance, ne développent pas de comportements antisociaux.

C'est l'association de la maltraitance et du facteur génétique qui induit cette vulnérabilité, on parle d'interaction gène x environnement. Par la suite, d'autres facteurs génétiques protecteurs ont été identifiés, nous n'en dresserons pas la liste ici car, chez l'homme, il y a environ 20 000-21 000 gènes différents et cette liste serait bien rébarbative ! Elle concerne des gènes codants pour des protéines qui régulent des neurotransmetteurs, de gènes de récepteurs qui contrôlent l'axe hormonal du stress, etc.

Il faut cependant noter que les effets de ces gènes sont cumulatifs entre eux : on peut avoir, de façon simultanée, plusieurs variants génétiques de vulnérabilité, ce qui va augmenter la vulnérabilité elle-même, et inversement pour la résilience. On peut aussi avoir, pour un gène donné, un « variant de la vulnérabilité », et, pour un autre gène, un « variant de la résilience », si bien que les deux vont se neutraliser. Il faut donc se méfier des études ne portant que sur un seul facteur génétique, car elles fonctionnent à la façon d'une loupe grossissante : on voit bien le facteur en question, mais c'est au détriment de tout un enchevêtrement de facteurs associés. Néanmoins, en dépit de ces limites, ces études mettent en relief des informations intéressantes !

Une étude récente s'est intéressée aux facteurs qui pourraient sous-tendre la théorie de l'« inoculation du stress », en s'intéressant à un mécanisme impliquant les récepteurs aux glucocorticoïdes. La sensibilité de ces récepteurs au cortisol est contrôlée par une protéine appelée FKBP51.

Chez la souris, il existe des techniques qui permettent de manipuler le niveau de cette protéine à des moments précis, dans des zones précises du cerveau et dans des neurones spécifiques. Les chercheurs peuvent ainsi disposer de souris qui ont ou non FKBP51 dans les neurones excitateurs du cerveau antérieur. Ces animaux ont été confrontés à un modèle de maltraitance infantile qui consiste à limiter la litière disponible pour les mères qui ont des portées de souriceaux, ce qui produit une détérioration du comportement maternel. Ils ont constaté que cette manipulation expérimentale du comportement maternel des souris (que l'on peut assimiler à de la maltraitance) induit, lorsque les souriceaux sont devenus adultes, la présence d'un comportement moins anxieux et une amélioration des performances mnésiques dans un contexte stressant.

Ainsi, on trouve chez ces souris une forme de résilience, voire une amélioration des performances cognitives et

une réduction de l'anxiété à la suite de la maltraitance, ce qui est convergent avec la théorie de l'inoculation du stress. Ces effets cependant ne se retrouvent pas dans des situations non stressantes : ce n'est pas la cognition en soi qui a été améliorée, c'est plutôt que les souris sont moins sensibles à la détérioration des performances cognitives à la suite d'un stress. Ces effets ne se trouvent pas chez les souris qui sont dépourvues de FKBP51 dans les neurones excitateurs du cerveau antérieur, ce qui suggère que cette molécule est impliquée dans ce phénomène.

Dans la même ligne, les souris déficientes en FKBP51 présentent une réduction du volume de certaines régions cérébrales et une diminution des épines dendritiques dans l'hippocampe après maltraitance, ce qui n'est pas retrouvé chez les animaux contrôles. On peut donc dire que, chez la souris, on retrouve des données qui supportent la théorie de l'inoculation du stress, que ce phénomène semble médié par FKBP51 et par certaines zones cérébrales.

Une autre question qui émerge à ce stade est celle de savoir s'il existe des régions cérébrales dont le volume ou le niveau de fonctionnement pourrait protéger des effets de la maltraitance, ou qui pourraient constituer des marqueurs de la résilience. Les études concernant les régions cérébrales dont le volume ou le fonctionnement pourraient être impliqués dans l'induction de la résilience sont particulièrement difficiles à mener chez de jeunes enfants, puisqu'il faudrait disposer de données d'IRM préalables à l'expérience de la maltraitance, ce qui est impossible.

En revanche, il existe quelques études sur les marqueurs cérébraux de la résilience et de la vulnérabilité, c'est-à-dire sur la signature de la résilience/vulnérabilité. Ces études sont plus faciles à réaliser, car elles peuvent être effectuées en comparant le cerveau de sujets ayant subi des maltraitances pendant l'enfance et qui sont soit vulnérables, soit résilients. Des travaux peuvent aussi être réalisés chez l'animal.

Globalement, les études montrent : a) que la résilience est un processus actif, c'est-à-dire qu'elle correspond à des changements cérébraux qui s'opèrent chez un sujet pour s'adapter à la situation de la façon la plus ajustée ; b) que les circuits cérébraux de la résilience et de la vulnérabilité ne sont pas en miroir l'un de l'autre.

En effet, les deux conditions sont associées à des changements cérébraux spécifiques. L'étude chez l'homme la plus importante a été réalisée sur une population de 1 870 adolescents et a montré qu'un fonctionnement résilient était associé à un volume plus important d'une partie du cortex préfrontal. Ceci pourrait permettre une amélioration du fonctionnement cognitif, des résultats académiques et de la régulation émotionnelle. Ce dernier aspect pourrait favoriser une meilleure capacité de s'ajuster à des situations stressantes qui surviennent à l'âge adulte, et pourrait ainsi protéger les sujets de certaines psychopathologies liées au stress comme la dépression, le stress post-traumatique et l'addiction.

Pour conclure, on peut dire qu'on retrouve des facteurs biologiques qui peuvent soit induire de la résilience ou de la vulnérabilité à la maltraitance infantile (essentiellement des facteurs génétiques), soit être associés à l'état de vulnérabilité ou de résilience. Concernant ces derniers, il s'agit de changements actifs, qui permettent au sujet de s'ajuster à son environnement, de façon adaptée ou de façon dysfonctionnelle.

La transmission intergénérationnelle des effets de la maltraitance

Il a été observé que les conséquences de la maltraitance infantile sont persistantes sur le long terme, dans le sens où, non seulement on observe des altérations qui perdurent chez les survivants jusqu'à l'âge adulte, mais qu'en plus, ces conséquences psychologiques et psychopathologiques peuvent se retrouver dans la ou même les génération(s) suivante(s). En effet, les descendants de personnes ayant survécu à la maltraitance infantile présentent souvent des altérations psychopathologiques semblables à celles des victimes de maltraitances, alors même qu'elles n'ont pas été elles-mêmes maltraitées lorsqu'elles étaient enfants.

Une des explications possibles est que cela survient via des mécanismes de nature psychologique, et en particulier par le biais d'un déficit de l'attachement : l'idée ici serait que la maltraitance induit des altérations du comportement parental chez les survivants, si bien que, lorsque ces derniers ont des enfants, ils présentent un comportement qui ne sera pas de nature à susciter l'attachement, même s'il ne s'agit pas d'un comportement maltraitant. Néanmoins, cette hypothèse est loin de susciter l'unanimité, et nous allons voir pourquoi. En outre, on peut se demander si les descendants des survivants de maltraitance qui n'ont pas été eux-mêmes des victimes présentent, en plus des altérations psychologiques que nous venons d'évoquer, des séquelles sur le plan biologique.

Autrement dit, est-ce que les enfants ou les petits-enfants des survivants, qui n'ont pas eux-mêmes été victimes de maltraitance, auraient des altérations cérébrales ? Et, dans le cas où la réponse serait positive,

est-ce que ces altérations sont identiques à celles que l'on trouve chez leurs parents ?

Des études ont montré en effet que c'est bien le cas : certaines des altérations comportementales et biologiques observées chez les personnes qui ont été exposées à de la maltraitance et de la violence durant l'enfance se transmettent aux générations suivantes, c'est-à-dire aux enfants et aux petits-enfants de ces personne exposées à la maltraitance et à la violence. C'est le cas par exemple des hormones du stress : il a en effet été montré qu'il existait une corrélation entre, d'une part, le niveau de cortisol (mesuré dans les cheveux) chez les enfants, et, d'autre part, le score à une échelle de maltraitance chez leurs mères : plus le score de maltraitance de la mère est élevé, et plus le niveau de cortisol chez la progéniture est bas.

D'autres études se sont intéressées à la morphologie cérébrale, en comparant l'anatomie cérébrale d'enfants dont les parents avaient été ou non maltraités à l'aide de l'IRM : les résultats montrent une différence concernant la connectivité du cortex préfrontal.

Néanmoins, les études chez l'homme comportent des limitations, à la fois, car, pour des raisons éthiques évidentes, il n'est pas acceptable d'induire de la maltraitance chez l'humain pour en évaluer l'impact, mais aussi, car le temps entre deux générations est relativement long (20 à 30 ans), si bien qu'il est impossible d'étudier la transmission d'un trait biologique sur plusieurs générations : les études scientifiques sont en général financées sur de courtes périodes, incompatibles avec de tels délais, qui nécessiteraient plusieurs générations de chercheurs.

L'expérimentation animale permet de remédier à ces limites, puisqu'une souris est sexuellement mature vers l'âge de 7 semaines, ce qui a comme conséquence qu'on peut étudier les effets de la transmission d'une séquelle biologique sur plusieurs générations en peu de temps. Certaines équipes de recherche se

sont donc appliquées à inventer des protocoles qui permettent d'approcher cette question : par exemple, certains auteurs ont appliqué un stress social chez des souris « enfants ». Ils ont ensuite étudié les séquelles sur quatre à six générations et ont pu ainsi montrer qu'il y avait une transmission des séquelles comportementales sur cinq, voire, pour certains traits comportementaux, sur six générations. Il est peu vraisemblable que ces séquelles se soient transmises via une altération du comportement parental, puisque la transmission se faisait via les pères, et que les conditions d'élevage de ces animaux limitent le contact de la progéniture avec leurs pères, les souriceaux dans les élevages dépendants presque uniquement des soins maternels.

Ainsi, on peut exclure l'idée que la transmission à la génération suivante se ferait par le biais d'une parentalité dysfonctionnelle. Sur le plan biologique, les recherches se sont focalisées sur la méthylation de l'ADN comme potentiel mécanisme. En effet, des changements de méthylation de divers gènes ont pu être observés sur différentes générations, comme le gène du BDNF ou divers gènes impliqués dans la pathophysiologie du stress.

Un autre mécanisme est lié à une autre molécule fascinante : l'ocytocine. Cette molécule est associée à l'attachement, à l'empathie, à la mémoire sociale et aux comportements parentaux. Certains auteurs d'ouvrages à sensation l'ont qualifiée d'« hormone de l'amour », ce qui est tout de même très largement simplifié, réducteur et inexact. En tout cas, cette substance est diminuée fortement chez les adultes survivants de maltraitance infantile. Or l'ocytocine agit en se fixant sur les récepteurs à l'ocytocine et il existe des altérations de la méthylation de l'ADN de ces récepteurs, ce qui conduit indirectement à une diminution de l'expression de ce récepteur chez les survivants.

De façon intéressante, il a été montré que la maltraitance infantile induit ce phénomène de méthylation,

et il est observé non seulement chez les survivants de maltraitance, mais aussi chez leurs enfants qui n'ont jamais été victimes de maltraitance. Voilà donc un autre exemple de transmission transgénérationelle d'une marque biologique de la maltraitance infantile.

L'ensemble de ces travaux donne le vertige. On ne peut s'empêcher de penser à certains contextes familiaux porteurs de violences, mais aussi aux situations de guerre qui touchent bien souvent les enfants : ainsi, le cercle vicieux de la violence peut se perpétrer de génération en génération, mettant en péril la cohésion sociale au sein de nos communautés dans un cycle sans fin.

Les effets de la prise en charge de la maltraitance

Nous avons vu précédemment que la maltraitance infantile induit non seulement des conséquences psychopathologiques et comportementales durables, mais également des altérations sur le plan biologique, qui peuvent perdurer jusqu'à l'âge adulte chez les survivants, voire être transmises aux générations suivantes. Cela peut, à première vue, sembler désespérant. Cependant, il n'y a pas lieu de sombrer dans le pessimisme, car d'autres découvertes montrent aussi qu'il existe des prises en charge qui permettent d'estomper les conséquences de la maltraitance sur le plan comportement et cognitif, comme une prise en charge précoce, le placement dans des familles d'accueil, l'adoption ou certaines psychothérapies. Il y a donc aussi des raisons d'espérer.

Du coup, une question surgit : est-ce que ces interventions qui soulagent les séquelles psychologiques chez les survivants permettent aussi de réduire ou de contrecarrer les séquelles biologiques ? Plusieurs études ont été menées sur le sujet, que nous allons décrire rapidement.

Une première étude spectaculaire a fait grand bruit : elle a été menée en Roumanie sur des enfants victimes de très graves négligences. Ces enfants avaient été placés dès leur plus jeune âge dans des institutions qui se sont révélées très gravement maltraitantes.

En effet, au début des années 1990, des milliers d'enfants ont été découverts, le regard hagard, confinés dans des lits à barreaux : ils présentaient de très graves carences affectives, car ils avaient grandi dans des orphelinats, sans jamais croiser le regard bienveillant d'un adulte. Privés de stimulations sensorielles, émotionnelles et sociales nécessaires à une trajectoire

développementale normale, ces enfants présentaient des retards significatifs sur plusieurs plans : langage, motricité, cognition et développement affectif.

Un aspect qui a été particulièrement étudié est le profil d'attachement. En effet, quand on met un jeune enfant dans une pièce avec sa mère, ce dernier interagit avec elle. Si sa mère sort de la pièce et que l'enfant est laissé seul, il manifeste du désarroi : cela correspond à un comportement d'attachement normal. Concernant les enfants des institutions roumaines, leur profil d'attachement n'était presque jamais dans la gamme du normal. Il était très dysfonctionnel : certains développaient un profil d'attachement « insécure-évitant », caractérisé par une forme de froideur ou d'indifférence, d'autres un profil d'attachement « insécure-ambivalent », caractérisé par un attachement instable et d'autres, enfin, présentaient un profil d'attachement désorganisé, avec des comportements contradictoires. Leur situation a été très médiatisée, car ces images étaient véritablement terriblement choquantes. Certains d'entre eux ont pu bénéficier d'un placement dans des familles d'accueil bienveillantes, mais ce ne fut pas le cas de tous.

Des travaux de recherche ont été menés sur une cohorte de ces enfants, dans le cadre d'un projet appelé le « *Bucharest Early Intervention Project* (BEIP) », ce qu'on peut traduire en français par « Projet d'intervention précoce de Bucarest ». Il s'agit d'une étude pionnière menée à partir du début des années 2000 par une équipe de chercheurs américains, experts en psychologie et en neurosciences. Dans ce travail, les chercheurs ont recruté une cohorte de 136 enfants, âgés de 6 à 31 mois : certains d'entre eux étaient restés dans des orphelinats en Roumanie depuis leur plus jeune âge alors que d'autres avaient pu bénéficier d'un placement en famille d'accueil. Ces deux groupes d'enfants ont été comparés à des enfants qui n'avaient jamais été placés dans des institutions (groupe témoin). Plusieurs aspects de

leur développement ont été évalués à l'aide de tests, comme le type d'attachement, les fonctions cognitives et la santé mentale. En outre, le développement cérébral a été évalué à l'aide de la neuro-imagerie. Ces mesures ont pu être réalisées à plusieurs reprises, si bien que l'on peut disposer de données qui donnent une indication de la trajectoire développementale de ces enfants, et de l'impact d'une famille d'accueil bienveillante sur cette trajectoire.

Quels sont les résultats ? Ces travaux ont montré que le placement en famille d'accueil était suffisant pour contrecarrer certaines des atteintes cognitives mesurées au travers du Quotient intellectuel (QI), les comportements antisociaux, le trouble de l'attachement. Les effets sur le QI et sur l'attachement étaient massifs, mais dépendaient de l'âge des enfants au moment du placement : si les enfants avaient été placés avant l'âge de 2 ans, ils récupéraient presque entièrement le déficit, alors que, s'ils étaient plus âgés au moment du placement, ils ne récupéraient que partiellement. Le taux de récupération était corrélé avec l'âge au moment du placement : plus le placement était tardif, moins ils récupéraient.

Ceci suggère qu'il y a une forme de « période critique » pendant laquelle ces relations sociales sont particulièrement cruciales. Néanmoins, comme des effets bénéfiques sont observés aussi si l'intervention a lieu plus tard, mais, dans des proportions moindres, cela indique qu'une forme de récupération est toujours possible, et qu'il n'est jamais trop tard.

Dans cette étude, une IRM a aussi été réalisé, lorsque ces enfants étaient âgés entre 8 et 11 ans. Elle a montré que les enfants qui vivaient depuis toujours en institution présentaient une nette diminution du volume de la matière grise corticale, lorsqu'ils étaient comparés aux témoins : les enfants institutionalisés, mais placés en famille d'accueil, étaient intermédiaires. Lorsque les enfants ont atteint l'âge de 16 ans, un électro-encéphalogramme a été réalisé, ce qui permet de mesurer

les ondes cérébrales : cette étude a montré que, pour certains rythmes cérébraux, les enfants placés avaient récupéré totalement, alors que, pour d'autres mesures, la récupération était partielle.

Ainsi, non seulement le placement en famille d'accueil a permis une récupération des atteintes sur le plan affectif et cognitif, mais aussi sur le plan cérébral. Cela peut être mis en relation avec le fait que le cerveau est particulièrement malléable chez des jeunes enfants, rendant la récupération plus facile.

Ces résultats ont profondément marqué la communauté scientifique et ont nourri l'idée que l'affection et l'interaction humaine dans l'enfance ne sont pas superflues, mais constituent des besoins fondamentaux des enfants, au même titre que la nourriture. Ils sont en ligne avec des études semblables qui ont été menées chez l'animal, et qui portaient sur la méthylation de l'ADN, qui est, comme nous l'avons déjà vu, une des séquelles biologiques de la maltraitance. Des chercheurs ont tiré profit du fait que les rates adoptent facilement la progéniture d'une autre mère lorsqu'elles viennent de mettre bas.

Ainsi, trois groupes expérimentaux ont pu être constitués : des ratons élevés par leur propre mère « maltraitante », des ratons élevés par leur propre mère « non maltraitante », des ratons descendants d'une mère « maltraitante », mais adoptés à la naissance par une mère « non maltraitante ». Ils constatèrent que les descendants de mères « maltraitantes » présentaient, lorsqu'ils étaient devenus adultes, une altération de la méthylation de l'ADN codant pour le gène du BDNF dans le cortex préfrontal et l'hippocampe : cette altération est contrecarrée totalement dans le cortex préfrontal, mais pas dans l'hippocampe, lorsque les petits sont adoptés à la naissance par une mère « non maltraitante ». Ceci confirme les données chez l'homme décrites ci-dessus, en les généralisant à une autre altération biologique.

D'autres travaux se sont intéressés à d'autres formes d'intervention, comme les psychothérapies. Il en existe plusieurs formes, et on sait par exemple que la psychothérapie cognitivo-comportementale focalisée sur le trauma est efficace dans le traitement du trouble de stress post-traumatique, y compris chez des victimes de maltraitance infantile. Une étude récente s'est intéressée non seulement à l'amélioration des symptômes après le traitement, mais aussi aux modifications cérébrales. Elle n'a pas été menée chez des adultes, mais chez des enfants âgés de 7 à 12 ans. Il existe en effet des thérapies efficaces dans cette classe d'âge. Cette étude montre que les altérations de la matière grise cérébrale consécutives à la maltraitance sont contrecarrées par la thérapie, en particulier dans certaines régions cérébrales spécifiques comme des régions impliquées dans la régulation des émotions, la consolidation mnésique, l'attention, le traitement des aspects hédoniques, la coordination motrice ou la représentation de soi.

Au vu de la fonction des régions cérébrales incriminées, on peut supposer qu'il y a une relation de cause à effet entre la normalisation de l'anatomie cérébrale et le bénéfice thérapeutique. Il serait intéressant de mener une étude similaire chez des sujets adultes, chez lesquels le dysfonctionnement cérébral est devenu chronique, ou d'évaluer les effets d'autres formes de thérapies. Très peu d'études ont été menées pour l'instant.

Enfin, une autre étude récente s'est intéressée aux effets bénéfiques du support social sur la connexion entre régions cérébrales. Nous avons vu précédemment que les survivants de maltraitance infantile présentaient une altération du patron des connexions entre régions cérébrales.

Par ailleurs, il est connu que la perception d'un fort support social de l'entourage (famille, amis, collègues, voisins, etc.) atténue les conséquences psychologiques et comportementales de la maltraitance

chez les survivants. On peut donc se demander si la perception d'un fort support social est à même d'atténuer les altérations de la connectivité cérébrale consécutives à la maltraitance. Cette étude a montré que c'est bien le cas : le support social a un effet en soi, mais aussi il atténue les altérations de la connexion physique cérébrale observées chez les survivants de maltraitance lorsqu'ils sont adultes, et ceci en particulier dans les aires frontales et temporales, importantes pour la cognition et les émotions. Cette dernière étude souligne l'importance d'accompagner les survivants de maltraitance.

À ce titre, il importe de souligner le rôle des lieux d'accueil collectif de l'enfance, de l'école, de l'accueil extrascolaire, du sport… comme espace de prévention : offrir à l'enfant un contexte relationnel respectueux, lui permettre de vivre des relations en tant que sujet et non objet de maltraitance, sont autant de facteurs soutenant le développement de l'enfant.

Conclusion

Les différentes études décrites dans cet ouvrage montrent que la maltraitance infantile induit, chez les personnes devenues adultes, des séquelles cérébrales durables, qui peuvent même se transmettre à la génération suivante. Il est cependant indispensable de ne pas tirer une interprétation réductionniste de ces découvertes : en effet, en dépit de la présence d'altérations cérébrales, certains sujets ont des parcours remarquables. Un cas a défrayé la chronique : celui d'un chercheur américain, James Fallon, qui découvrit grâce à un examen de neuro-imagerie qu'il présentait une hypo-activité du cortex préfrontal, semblable à ce que l'on observe chez des personnes psychopathes. Cependant, en dépit de cette altération du fonctionnement de son cerveau, il avait un comportement tout à fait normal. Son interprétation : les soins maternels très bienveillants dont il avait bénéficié quand il était enfant l'auraient protégé. Une illustration emblématique de l'importance du contexte relationnel et environnemental.

Bibliographie

- Bear M. F., Connors B. W., Paradiso M. A. (trad. par A. Nieoullon), *Neurosciences : À la découverte du cerveau*, Paris, Pradel, 2016.
- Belzung C., *Biologie des émotions*, Bruxelles, De Boeck, 2007.
- Breedlove S. M., Rosenzweig M. R., Watson N. V., *Neurosciences : de la biologie du neurone aux neurosciences comportementales, cognitives et cliniques*, Bruxelles, De Boeck Supérieur, 3e éd., 2022.
- Eustache F., Amieva H., Baubet T., Ganascia J.-G., Jaffard R., Peschanski D., Thomas-Antérion C., *Mémoire et traumatisme*, Paris, Dunod, coll. Univers Psy, 2023.
- Lemétayer F., Trousselard M., Tarquinio C., *Épigénétique et santé psychologique : Fondements, processus et thérapies*, Paris, Dunod, Univers Psy, 2024.
- Math F., Desor D., *La violence des enfants : L'apport des neurosciences*, Paris, Dunod, 2015.
- van der Kolk B., *Le Corps n'oublie rien – Le cerveau, l'esprit et le corps dans la guérison du traumatisme*, Paris, Albin Michel, 2020.

Pour approfondir le sujet

- Impact des maltraitances sur l'enfant : que nous apprennent les connaissances actuelles sur les conséquences biologiques à long terme ?, avec Catherine Belzung
- La victimisation sexuelle durant l'enfance, un facteur de reproduction des abus sexuels ?, avec Catherine Belzung
- Quelles sont les conséquences biologiques sur le développement de l'enfant qui vit dans un contexte de violence conjugale ?, avec Catherine Belzung
- Privilégier une prévention généraliste et une prise en charge personnalisée, avec Catherine Belzung
- Quelles sont les conséquences de la négligence sur le développement de l'enfant ?, avec Claire Meersseman
- Comment comprendre que la négligence se transmette de génération en génération ?, avec Claire Meersseman
- La maltraitance sur enfant – Les abus sexuels, avec Marc Gérard
- Quel est l'impact de la maltraitance sur le développement de l'enfant ?, avec Reine Vander Linden
- ...

- Guide pour prévenir la maltraitance, Marc Gérard
- La maltraitance infantile, par delà la bienpensée, Bernard Golse
- ...

- Devenir adulte après une enfance écorchée
- Les enfants battus deviennent-ils des parents maltraitants ?
- ...

sur yapaka.be

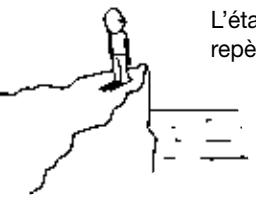
Que faire en cas d'inquiétude d'une situation de maltraitance infantile ?

Dispositif du décret du 12 mai 2004 relatif à l'Aide aux enfants victimes de maltraitance

→ Ne pas rester seul, en parler

Parler de ses inquiétudes permet de réduire l'émotion et de réagir de manière plus ajustée à la situation. Se tourner vers son entourage professionnel, sa hiérarchie est le premier réflexe. Également, maintenir le lien avec les parents ou la personne de référence pour l'enfant permet de les garder comme partenaires dans le processus d'aide.

→ Porter attention à



L'état de souffrance de l'enfant est le repère prioritaire à chaque étape des interventions. Les parents doivent bénéficier d'une écoute et d'une aide appropriées à leur souffrance et à leurs difficultés personnelles.

À qui s'adresser en cas de doute ?

LES SERVICES DE PROXIMITÉ

→ En lien avec l'école, les Centres Psycho-Médico-Sociaux et les Services de Promotion de la Santé à l'Ecole

→ Également, les Services de santé mentale, les Centres de planning familiaux, le médecin de famille…

→ Des services d'écoute gratuits, Télé-Accueil au 107 (destiné à tous, adultes et enfants), Ecoute Enfants au 103 (destiné aux enfants)

LES SERVICES SPÉCIALISÉS

→ L'équipe SOS Enfants est une équipe pluridisciplinaire qui prend en charge les situations de maltraitance (diagnostic et prise en charge thérapeutique). Sa première mission est d'accueillir toute personne aux prises avec des questions, suspicions... liées à la maltraitance sur un enfant pour évaluer le danger et la suite à mettre en place.

→ Le Conseiller de l'Aide à la Jeunesse du SAJ dont le service peut intervenir à la demande d'un jeune, d'un parent ou d'un intervenant pour écouter, orienter et soutenir enfants et familles.

Affiche disponible à la demande sur yapaka.be

Une cartographie disponible

Pour trouver les coordonnées des services proches de chez vous, rendez-vous sur yapaka.be/cartographie

Une formation en ligne

Points de repère pour prévenir la maltraitance

Une formation gratuite, à suivre seul ou en équipe, à son rythme au gré de + de 90 questions organisées par entrées : Petite enfance - Enfance - Adolescence - Intervenant sportif

Inscription mooc.yapaka.be

Un outil de formation

Prévenir la maltraitance dans nos pratiques et nos institutions

Pour penser des repères et agir sur les maltraitances institutionnelles.

Temps d'Arrêt / Lectures

Dernier parus

90. L'évolution des savoirs sur la parentalité. Gérard Neyrand

91. Les risques d'une éducation sans peine Jean-Pierre Lebrun

92. La vitalité relationnelle du bébé. Graciela C. Crespin

93. Prendre soin du bébé placé. Geneviève Bruwier*

94. Les trésors de l'ennui. Sophie Marinopoulos

95. Prévenir la violence par la discussion à visée philosophique. Michel Tozzi

96. Coopérer autour des écrans. Pascal Minotte

97. Les jeunes, la sexualité et la violence. Véronique Le Goaziou*

98. Evolution du traitement des ruptures familiales. Benoit Bastard

99. L'attachement, un lien revisité à l'adolescence. Lauriane Vulliez-Coady, Frédéric Atger et Claire Lamas

100. Prévenir la maltraitance. Vincent Magos

101. Du déclin au réveil de l'intérêt général. Dany-Robert Dufour

102. La parentalité aujourd'hui fragilisée. Gérard Neyrand*

103. L'attention à l'autre. Denis Mellier*

104. Jeunes et radicalisations. David Le Breton

105. Le harcèlement virtuel. Angélique Gozlan

106. Le deuil prénatal. Marie-José Soubieux, Jessica Shulz

107. Prévenir la négligence. Claire Meersseman

108. A l'adolescence, s'engager pour exister. Marie Rose Moro

109. Le secret professionnel, fondement de la relation d'aide et d'écoute. Claire Meersseman, André Donnet, Françoise Dubois, Cécile Guilbau*

110. La portée du langage. Véronique Rey, Christina Romain, Sonia DeMartino, Jean-Louis Deveze*

111. Etre porté pour grandir. Pierre Delion*

112. Le travail social animé par la « volonté artistique ». David Puaud

113. Quand la violence se joue au féminin. Véronique Le Goaziou

114. Résister à l'algocratie - Rester humain dans nos métiers et dans nos vies. Vincent Magos

115. Mères et bébés en errance migratoire. Christine Davoudian

116. Faire famille au temps du confinement et en sortir… Daniel Coum

117. Challenges numériques sur les réseaux sociaux. Marion Haza, Thomas Rohmer

118. La découverte sensorielle et émotionnelle du bébé. Ayala Borghini

119. Rire… et grandir. David Le Breton

120. Adolescence en temps de Covid-19 entre crise-passions et crispations. Aurore Mairy*

121. Ensauvagement du monde, violence des jeunes. Danièle Epstein

122. Accueillir la vie en temps de pandémie. Pascale Gustin

123. L'entrée dans le langage. Jean-Claude Quentel

124. Naître et grandir. Jacques Gélis

125. La parentalité désorientée Mal du XXIe siècle ? Ludovic Gadeau

126. Puissance de l'imaginaire à l'adolescence. Ivan Darrault-Harris

127. Quand la parole déconfine, Pascal Kayaert

128. Covid-19 : l'impact sur la santé mentale des jeunes. Sophie Maes*

129. Le monde de l'enfance après un an de crise sanitaire. Pierre Delion

130. Comme une tombe. Le silence de l'inceste. Anne-Françoise Dahin

131. Maltraitance institutionnelle en temps de crise. Emmanuel de Becker

132. L'adolescence à l'ère du virtuel. Xanthie Vlachopoulou

133. Accompagner le parent porteur de handicap. Drina Candilis-Huisman

134. Penser l'incestuel, la confusion des places. Dominique Klopfert*

135. Quand l'écran fait écran à la relation parent-enfant. Olivier Duris

136. Le dehors, un terreau fertile pour grandir. Marie Masson*

137. Accueillir les enfants migrants et leurs parents. Marie Rose Moro

138. La parentalité positive à l'épreuve de la vraie vie. Ludovic Gadeau

139. Enfants connectés, parents déboussolés. Marion Haza-Pery, Thomas Rohmer

140. Repenser la place des pères. Christine Castelain Meunier

141. Faire récit pour attraper le fil des générations. Émilie Moget

142. De nos vulnérabilités. Habiter le monde en ces temps d'incertitude. Laurent Denizeau

143. L'inceste n'est pas qu'un crime sexuel. Jean Luc Viaux

144. Les adolescents à l'image des bouleversements du monde. Sophie Maes.

145. Corps, gestes et paroles pour entrer dans la langue. Véronique Rey, Christina Romain

146. La réunion d'équipe, un rituel porteur. Claire Meersseman*

147. S'ajuster à l'enfant sensible au monde. Ayala Borghini*

148. Vide contemporain et adolescence. Michèle Benhaim

149. L'énigme des grossesses à l'adolescence. Cindy Mottrie

150. Prendre soin des lieux d'accueil de la petite enfance. Michel Vandenbroeck

151. Le corps, miroir de soi de l'adolescence. David Le Breton*

152. Le diagnostic, un processus collectif autour de l'enfant. Christine Dom*

153. Faire alliance avec les parents en situation de maltraitance. Serge Escots*

154. L'enfant, de sujet de soin à objet parental. Emmanuel de Becker

155. La résonance au cœur de la relation d'aide. David Puaud

* Ouvrage épuisé.

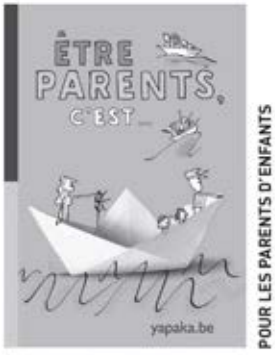
Découvrez toute la collection Temps d'Arrêt et retrouvez nos auteurs sur yapaka.be pour des entretiens vidéo, conférences en ligne, …

Les livres de yapaka

En Belgique uniquement

disponibles gratuitement au 02/413 3000 ou infos@cfwb.be

POUR LES PARENTS D'ENFANTS DE 0 À 2 ANS



POUR LES PARENTS D'ENFANTS

POUR LES PARENTS D'ENFANTS

POUR LES PARENTS D'ADOS

POUR LES ENFANTS

POUR LES ADOS DE 12 À 15 ANS