

PERSPECTIVE BIOPSYCHOLOGIQUE SYSTÉMIQUE DES ÉMOTIONS DE BASE¹

(Article publié dans la revue Santé Mentale au Québec, 2015, XL, no 3)

Benoît POISSON, D. Psy., psychologue-formateur

RÉSUMÉ

La perspective biopsychologique systémique des émotions de base est un modèle émergent permettant de mieux comprendre comment l'individu apprend à s'adapter à son environnement grâce aux différentes émotions qui se sont développées progressivement en même temps que la myélinisation des circuits neurohormonaux, de la naissance jusqu'à environ vingt-cinq ans. Ce sont ces mêmes émotions, agissant en complémentarité, qui vont permettre à l'individu de maintenir son équilibre tout au long de sa vie.

Cinq émotions de base ont été retenues, car dans la littérature, cinq circuits neuronaux en lien avec les émotions sont définis, soit les cinq circuits décrits par Panksepp : celui de l'agressivité (rage-colère), celui du stress (peur-surprise), développé par LeDoux, celui de la récompense (recherche-joie), développé par Tassin, celui de l'empathie (panique-tristesse) développé par Decety et celui de la conscience (conscience-bonheur), développé par Damasio.

Mots clés : Émotions, circuits neurohormonaux, neurosciences, équilibre

¹L'auteur remercie sincèrement Dre Andrée G. Roberge, PhD., pour son soutien tout au long de la réalisation de cet article

Abstract

The systemic biopsychological perspective of basic emotions is a heuristic model that allows a better understanding of how people learn to adapt to their environment through different emotions that developed gradually along neurohormonal circuit myelination from birth until about the age of twenty-one. These same emotions, acting in complementarity, will allow the individual to maintain a balance throughout his life.

Five basic emotions were retained in line with the five emotions related to neuronal circuits, which are defined in the literature, and these are the five circuits described by Panksepp as follows: aggressiveness (Rage, angry), stress (Fear-surprise), developed by LeDoux, reward (Seeking-joy), developed by Tassin, empathy (Panic-sadness), developed by Decety, and consciousness (consciousness-happiness), developed by Damasio.

Several studies on myelination (Kinney, 1988, Parazzini, 2002, Deoni, 2012), Miller, 2012, and Welker, 2012) provide us with a scientific platform to determine the order of development of the neurohormonal circuits underlying basic emotions.

Neurohormonal circuits development begins at conception and will continue up until the age of 20-30 years. This article specifically addresses the first three years of life. It offers a systemic biopsychological perspective of basic emotions developed from the latest data in neuroscience. These informations have been integrated into a coherent whole that allows understanding the origin, the development and the functioning of basic emotions.

In addition to the information output from the thalamus to the midbrain that set in motion the somatic nervous system there exist, according to Roberge (1998), two other brain information sources that are managed by the hypothalamus (the limbic system). These two information sources allow the refining of the behavioural responses and they favour the homeostasis of the organism. The first information source goes from the midbrain to the hypothalamus to activate the peripheral nervous system. The latter is divided into two: the sympathetic (norepinephrine) that accelerates the motor response and the parasympathetic (acetylcholine), which slows it down. These two systems work

in tandem. As for the second release of information, it is endocrine, thus it will follow the hypothalamus-pituitary-adrenal axis to cortisol, the hypothalamus-pituitary axis to endorphin and oxytocin and the hypothalamus-pineal axis to melatonin. The different emotional behaviours result from one of these two sources of information or from a combination of these two and are then managed by the limbic system, which is in continuous connection with the neocortex.

In short, no specific centre totally controls human behaviour. Control is achieved through a group of brain structures and relays, permitting adaptive behaviour and maintenance of balance by means of permanent exchanges. Anger, for instance, is a survival emotion, which allows protecting one's physical integrity. It is very useful as an immediate response in an emergency situation, but it can also be harmful if it is used extensively in all situations, giving way to conduct disorders. Thus, the other neurohormonal circuits will regulate anger.

Emotions are an integral part of human behaviour. They allow the individual to constantly adapt to the physical and social environment. This approach brings a new perspective to understand how each person maintains balance to avoid the onset of clinical disorders. The understanding of neurochemical mechanisms underlying basic emotions opens up the door to several clinical applications.

Keywords: Emotions, neurohormonal circuits, neuroscience, balance

Les recherches en neurosciences ont fait beaucoup de progrès au cours des dernières décennies et ont permis une meilleure compréhension du comportement humain. Plusieurs chercheurs ont fourni ces dernières années des fondements neuroscientifiques aux émotions de base. Panksepp (2011) et Damasio (2010) ont développé chacun un modèle selon trois niveaux. Ekman (2007) a identifié six émotions de base : la colère, le dégoût, la surprise, la peur, la joie et la tristesse. Récemment, Jack (2014) a conclu à l'existence de seulement quatre émotions de base. Le dégoût serait associé à la colère et la peur à la surprise, ce qui apporte un appui aux quatre émotions de base chez les animaux, décrites par Panksepp (1998), soit la rage, la peur, la recherche et la panique. Cinq émotions de base ont été retenues, car dans la littérature, cinq circuits neuronaux en lien avec les émotions sont définis, soit les cinq circuits décrits par Panksepp : celui de l'agressivité (rage-colère), celui du stress (peur-surprise), développé par Le Doux, celui de la récompense (recherche-désir), développé par Tassin, celui de l'empathie (panique-tristesse) développé par Decety et celui de la conscience (conscience-bonheur), développé par Damasio.

L'émotion se définit comme une agitation passagère dans le déploiement normal des tendances face à une nouvelle situation. Lorsque des stressors viennent perturber l'équilibre, différents circuits neurohormonaux sont sollicités pour permettre le retour à l'homéostasie, amenant le changement à court terme du comportement. L'émotion est donc la réaction à court terme qui permet à l'individu de s'adapter à son environnement en maintenant son équilibre au jour le jour.

Plusieurs recherches sur la myélinisation (Kinney, 1988, Parazzini, 2002, Deoni, 2012, Miller, 2012 et Welker 2012) apportent des fondements scientifiques permettant de situer l'ordre de développement des circuits neurohormonaux qui sous-tendent les émotions de base. Le classement des émotions de base pour chacun des niveaux du modèle de Panksepp et du modèle de la biopsychologie systémique est présenté au Tableau 1.

Le cerveau fonctionne grâce à des circuits nerveux, endocrinien et immunitaire qui forment les circuits neurohormonaux. Ce sont des circuits programmés à la base par les gènes qui se développent d'abord dans un environnement restreint, soit l'utérus de la mère, et par la suite dans un environnement physique et social dès la naissance.

Le modèle biopsychologique systémique vise à mieux comprendre le développement et le fonctionnement des circuits neurohormonaux soutenant les émotions de base. Le développement commence dès la conception et s'échelonne jusque vers 25-30 ans. Cet article traite spécifiquement des trois premières années de vie. Il propose une perspective biopsychologique systémique des émotions de base élaborée à partir des récentes données en neurosciences. Ces données ont été intégrées en un tout cohérent permettant de comprendre l'origine, le développement et le fonctionnement des émotions de base. Chaque émotion de base est soutenue par des circuits neurohormonaux spécifiques: la colère par les circuits neurohormonaux de l'agressivité, la surprise par ceux du stress, la joie par ceux de la récompense, la tristesse par ceux de l'empathie et le bonheur par ceux de la conscience. Ce modèle va permettre une application clinique dont l'objectif est d'apporter aux clients une compréhension biopsychologique systémique pour les aider à retrouver et à maintenir leur équilibre.

Tableau 1

Différents modèles des émotions et de la conscience en relation avec la myélinisation et le modèle biopsychologique systémique. Panksepp et Damasio ont développé un modèle des émotions selon trois niveaux. Une proposition de classement des émotions pour chacun des niveaux y est présentée.

Welker et Patton, 2012, Assessment of Normal Myelination with MRI	Modèle de Panksepp¹	Modèle de Damasio¹	Modèle de Jack¹ (P. Ekman)	Perspective biopsychologique systémique © Benoit Poisson, D.Psy., mars 2017
À 3 mois, la myélinisation est complète dans la capsule interne et elle se continue dans la matière blanche sous-corticale. À 4 mois, le corps calleux est myélinisé.	Processus primaire des émotions RAGE / Colère (Affects sensoriels) (amygdale médiale au BNST, l'hypothalamus médial et pérfornical au PAG) LUXURE / Sexualité (cortico-médial amygdale, BNST, l'hypothalamus préoptique, VMH, PAG)	Conscience inaugurale (Proto-soi, cartes corporelles)	Colère (Dégoût)	Colère Circuits neuronaux de l'agressivité de Panksepp (thalamus, amygdale, hypothalamus, PAG)
À 6½ mois, la myélinisation du de la face ventrale du pont est complète. À 7 mois, les fibres en U sous-corticales du lobe occipital sont myélinisées (Parazzini, 2002)	Processus secondaire des émotions (Apprentissages, conditionnement, habitudes) PEUR / anxiété (amygdale centrale et latérale à l'hypothalamus médial et dorsal, PAG)	Conscience modifiée (Soi noyau, marqueurs somatiques) 1. Damasio, A. (2010). L'autre moi-même, les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions. Éditions Odile Jacob.	Surprise (Peur)	Surprise Circuits neuronaux de la peur (stress) de LeDoux (thalamus, cortex associatifs, hippocampe, amygdale, hypothalamus, PAG, cortisol)
Vers 12 mois, les régions myélinisées s'étendent dans les fibres en U sous-corticales des lobes frontaux et temporaux ainsi que tout au long du cervelet. Vers 14 mois, ce sont les lobes occipitaux qui deviennent myélinisés tandis que les lobes frontaux le seront vers seize mois.	RECHERCHE / système d'attente (Noyau accumbens, VTA, hypothalamus latéral, PAG) JEU / joie (dorso-médial diencephale, aire parafasciculaire, PAG)		Joie	Désir Circuits neuronaux de la récompense de Decety (thalamus, cortex préfrontal, ATV, septum, accumbens, amygdale)
À 18 mois, la myélinisation est prédominante dans la matière blanche sous-corticale, surtout en arrière et beaucoup moins de myélinisation sous-corticale dans les lobes frontaux. Cependant, la face antérieure des lobes frontaux et temporaux va être complétée vers 24 mois.	PANIQUE / Séparation Cortex cingulaire antérieur, BNST et aire préoptique, thalamus dorsomédial, PAG) SOIN / Maternance (cortex cingulaire antérieur, BNST, aire préoptique, VTA, PAG)		Tristesse	Tristesse Circuits neuronaux de l'empathie de Tassin (thalamus, cortex cingulaire, cortex préfrontal, amygdale hypothalamus, PAG)
À 28 mois, la substance blanche cortical est myélinisée à l'exception des pôles temporaux antérieurs et des zones terminales périarales. La myélinisation des zones terminales est complète vers 36-40 mois	Affects tertiaires et conscience (fonctions exécutives cognitives, libre arbitre, néocortex frontal médial) 1. Panksepp, J. (2011) Cross-Species Affective Neuroscience Decoding of the Primal Affective Experiences of Humans and Related Animals. PLoS ONE 6(8):e21236. Doi:10.1371/journal.pone.0021236	Conscience étendue (Soi autobiographique, archivage organisé) thalamus, préencunus, cortex cingulaire, cortex préfrontal, insula	1. Jack, R. et al. (2014). Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmission Evolving Hierarchy of Signals over Time. <i>Current Biology</i> , vol. 24, no. 2, pp. 187-192	Bonheur Circuits neuronaux de la conscience de Damasio (thalamus, préencunus, cortex cingulaire, cortex préfrontal, insula)

ORIGINES DES CIRCUITS NEUROHORMONAUX

Les gènes sont à la base de la spécificité des circuits neurohormonaux de chaque individu qu'on appelle l'hérédité. Selon Ginger (2002) et Zuckerman (2003), l'hérédité compte pour environ un tiers du comportement humain. Donc, la conception a son importance et peut avoir des répercussions sur le futur développement du fœtus. Certaines personnes héritent de prédispositions plus favorables à l'adaptation alors que d'autres reçoivent une hérédité plus fragile entraînant davantage de difficultés à s'adapter.

Les apprentissages lors de la période foétale contribuent pour le deuxième tiers influençant l'établissement du comportement. Dès les premiers mois de la vie du fœtus, le développement des circuits neurohormonaux est soumis au climat utérin. Le troisième tiers influençant l'établissement du comportement débute à partir de la naissance. Le nouveau-né fera des apprentissages en fonction de son environnement physique et social, d'où l'importance d'un milieu stable et stimulant. C'est ainsi que l'environnement va moduler ce que l'individu a reçu génétiquement, tel que décrit par Anacker (2014) en épigénétique.

Panksepp (1998), Giedd (1999) et Schore (2008), ont précisé que les connexions entre les différentes structures du cerveau apparaissent graduellement avec la maturation cérébrale et qu'elles sont le résultat d'une longue sélection au cours de l'évolution.

DÉVELOPPEMENT DES CIRCUITS NEUROHORMONAUX

Le nouveau-né est un être essentiellement sensori-moteur. En effet, il répond aux différentes sensations dans son corps par des cris ou des pleurs afin de rétablir son équilibre interne. Le nouveau-né répondra aux sensations de toucher, à ce qu'il voit (vision), aux sons qu'il entend (ouïe), à ce qu'il sent (odorat), à ce qu'il goûte, mais également à ses sensations internes (intéroception), au mouvements de son corps dans l'espace (vestibulaire) et à son corps qui bouge (proprioception). Toutes les structures neuronales sont présentes à sa naissance, mais les connexions ne sont pas encore toutes complétées. Chaque expérience sensorielle sera emmagasinée et permettra au nouveau-né d'établir des connexions entre les sensations et l'impact de celle-ci et de la réponse de son environnement sur son équilibre interne. Ainsi, l'adulte responsable qui répond aux

pleurs du nouveau-né agit à titre de corégulateur et contribue à l'apprentissage de l'autorégulation. Selon Giedd (1999) et Welker (2012), certaines connexions sont bel et bien établies durant la période fœtale, mais d'autres le seront graduellement après la naissance et permettront une plus grande variété de réponses comportementales. La myélinisation est responsable de ce processus.

La myélinisation du cerveau humain débute pendant la vie fœtale et se poursuit après la naissance d'une manière prédéterminée et bien définie. Les études d'imagerie par résonance magnétique de Dietrich (1988) et Staudt (1993) ont montré que la myélinisation de la matière blanche sous-corticale part de la circonvolution péricentrale vers les lobes dans l'ordre suivant : lobes occipitaux et pariétaux vers cinq à six mois, lobes frontaux et temporaux vers neuf à onze mois et continue dans la deuxième décennie de la vie. En résumé, selon Parazzini (2002), la myélinisation se fait du centre vers la périphérie, de caudale (arrière) à rostrale (avant), de dorsale (supérieure) à ventrale (inférieure). Premièrement, les régions sensorielles visuelles et auditives sont myélinisées avant les régions motrices, deuxièmement, les régions proches du sous-système neuroanatomie sont myélinisées avant les composantes plus distantes, troisièmement, les voies de projection sont généralement myélinisées avant les voies associatives. La substance blanche péririgonale est complètement myélinisée vers l'âge de 20 mois tout comme les lobes frontaux et temporaux, mais la myélinisation n'est pas complétée dans les lobes pariétaux. La myélinisation semble complète vers l'âge de 36 à 40 mois.

La myélinisation étant commencée lors de la période fœtale, le nouveau-né expérimente dès le cinquième mois de vie fœtale un premier sens, le toucher. Puis c'est le sens de l'ouïe qui devient fonctionnel vers le sixième mois, et ensuite le sens de l'odorat et du goût au début du troisième trimestre. La vue sera le dernier sens à prendre place chez le fœtus, mais deviendra prédominant peu après la naissance.

Selon Welker (2012), les régions myélinisées chez le nouveau-né sont les structures médullaires, la protubérance dorsale, les pédoncules cérébelleux inférieurs et supérieurs, le mésencéphale et le thalamus ventral latéral. La myélinisation est aussi intense dans les voies corticales vers la région périrolandique. Tel qu'illustré à la Figure 1, les connexions se sont donc établies à partir des sens jusqu'aux cortex sensoriels primaires en passant par le thalamus sauf pour l'odorat qui passe directement au cortex

olfactif avant de revenir au thalamus. Le thalamus est un centre d'intégration et de régulation de l'information. Il achemine celle-ci aux différents cortex primaires et de là, l'information passe aux cortex associatifs afin d'obtenir davantage d'informations pour permettre la réponse la plus adaptée. Cette première sortie d'information par le système nerveux somatique est tout simplement une réponse motrice automatique au niveau du mésencéphale, soit un réflexe. Une deuxième sortie plus lente d'information par le système endocrinien s'ajoute à cette première sortie. C'est de cette façon que se développent des routes et des autoroutes de l'information, appelées « circuits neurohormonaux ».

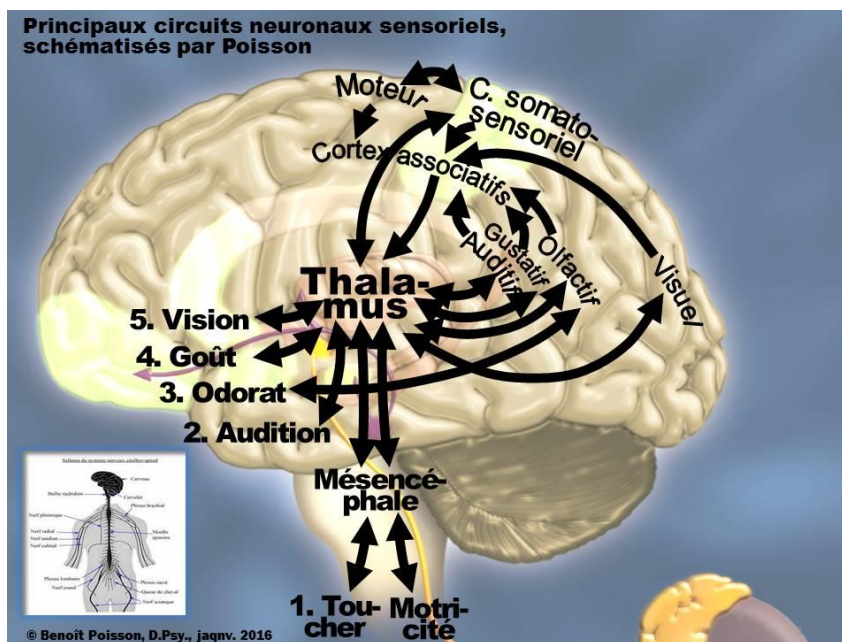


Figure 1. Principaux circuits neuronaux sensoriels, schématisés par Poisson

Les principaux circuits neurohormonaux de l'agressivité (colère)

Les circuits neurohormonaux de l'agressivité sont les premiers à se développer chez le nouveau-né. Ils lui permettent d'exprimer ses déséquilibres physiologiques venant de l'intérieur tels que la faim ou les malaises gastriques et ses déséquilibres physiologiques venant de l'extérieur tels que l'inconfort d'avoir des rougeurs sur les fesses ou un bruit trop strident. Ces circuits favorisent l'émergence d'une première émotion, la colère qui permet d'alerter l'adulte responsable. Le développement de cette

première émotion, la colère, permet au nouveau-né d'exprimer ses besoins essentiels de survie. Une réponse favorable à ces besoins physiologiques permet de rétablir l'équilibre rompu. La noradrénaline et la testostérone font émerger la colère. Plus il y a de décharge d'adrénaline et de production de testostérone, plus la colère sera importante.

Jusque vers trois mois, le nouveau-né fait graduellement ses premiers apprentissages de régulation qui vont lui permettre de faire entendre ses besoins physiologiques. Il commence à bouger ses mains, à tenter de les contrôler pour toucher, recherche le contact physique et ainsi commence à explorer son environnement. Il développe ainsi sa conscience corporelle et intéroceptive. Il communique son inconfort en pleurant de différentes manières et son bien-être par des petits sons rauques. Il entre en relation avec les autres par des sourires. C'est une première marque d'affirmation.

À deux mois, selon Welker (2012), il y a un haut taux de myélinisation des parties postérieures des capsules internes et du pédoncule cérébelleux. À trois mois, la myélinisation est complète dans la capsule interne et se continue dans la matière blanche cérébelleuse profonde et dans la substance blanche sous-corticale.

Ainsi, les premières connexions deviennent fonctionnelles entre le thalamus et le système limbique, tel qu'illustré à la Figure 2. Le thalamus qui reçoit l'information à partir des différents cortex associatifs transmet cette information à l'insula postérieure qui est un centre d'évaluation des états viscéraux et au cortex somatosensoriel secondaire qui est un centre de l'évaluation de la douleur physique. Ces deux structures sont en étroite relation. Selon l'intensité du signal d'une ou de ces deux structures, l'amygdale, qui est souvent désignée comme le signal d'alarme, va être activée et enclenchera, en passant par l'hypothalamus, une réponse motrice. Panksepp (1998) décrit que les connexions du circuit neuronal de la rage passent de l'amygdale à l'hypothalamus médian puis au mésencéphale (substance grise périaqueducule, PAG) qui enclenche une réponse motrice automatique. Lorsqu'un besoin physiologique n'est pas comblé, Lacombe (2007) précise que l'amygdale va commander à l'hypothalamus, en passant par le mésencéphale (PAG), d'activer le système sympathique (augmentation de la pression sanguine, transformation des lipides en glucides, etc.). Celui-ci, à son tour, par les fibres préganglionnaires, va faire produire de l'adrénaline dans les médullosurrénales pour une réponse comportementale rapide, telle que la lutte ou la fuite, afin de combler ce besoin

physiologique non répondu. Parallèlement, l'hypothalamus, en sécrétant de la gonadolibérine (GnRH), va activer l'adénohypophyse qui, à son tour, va sécréter de la lutéinisante (LH) stimulant la production de testostérone au sein de la corticosurrénale, ce qui favoriserait un comportement de domination selon Wright (2011).

Les voies hypothalamo-hypophysio-surrénaliennes et les voies noradrénergiques périphériques, prédominant dans ces circuits, sont à la base de la colère. Les voies noradrénergiques périphériques sont contrebalancées par les voies cholinergiques du système nerveux parasympathique. C'est ainsi qu'apparaît un premier niveau d'équilibre. En effet, lorsqu'il entre en fonction, le système parasympathique, connu comme le frein, permet de récupérer, de refaire des réserves et par conséquent de rétablir l'homéostasie.

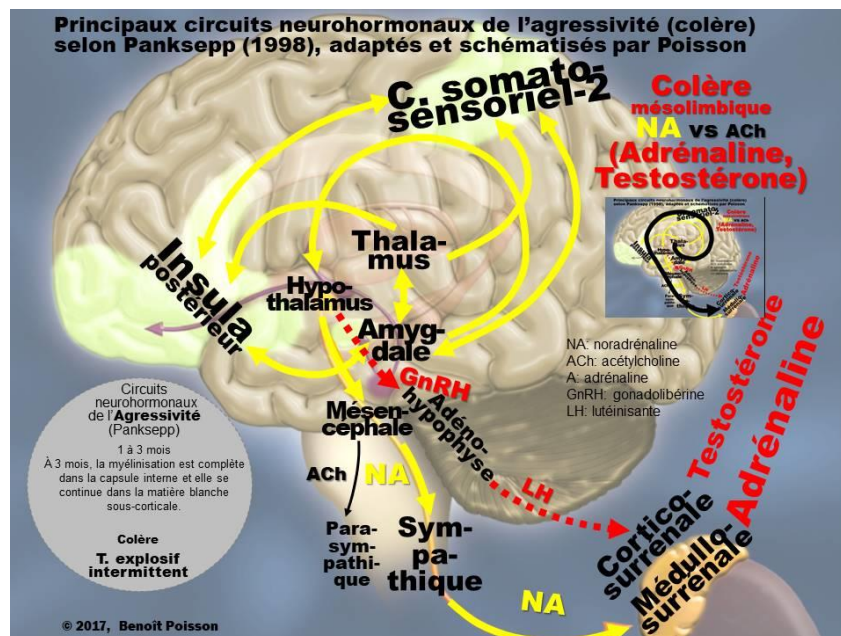


Figure 2. Principaux circuits neurohormonaux de l'agressivité (colère) selon Panksepp (1998) adaptés et schématisés par Poisson. Les flèches jaunes \leftrightarrow représentent les voies noradrénergiques. Les flèches pointillées \blacktriangledown rouges représentent l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien.

Les principaux circuits neurohormonaux du stress (surprise)

Les deuxièmes circuits neurohormonaux à prendre place sont ceux du stress. Les première fois que le nouveau-né entend un bruit fort comme l'aspirateur, il peut se mettre à pleurer et à demander les bras, en réaction avec un bruit fort et nouveau. Avec la répétition et l'exposition, il fera le lien avec l'aspirateur et le long tuyau qui se promène dans la maison en faisant appel à son hippocampe lui indiquant que ce n'est pas dangereux. Il apprend à reconnaître la différence entre maman, papa et les autres. Il ne sourit plus spontanément à n'importe qui et il pourra détourner le regard pour fuir un nouveau visage. C'est ce qui est souvent appelé « période sauvage ». C'est de cette façon que cette deuxième émotion, la surprise, aide le nourrisson à apprendre à reconnaître ce qui lui est familier, ce qui lui procure la sécurité.

Durant cette période, le nourrisson continue ses apprentissages de sensations corporelles. Sa conscience corporelle s'élargie. Il sursaute moins parce qu'il reconnaît les différents bruits. Il s'attache à un objet particulier qu'il utilisera pour se consoler. Il réussit à s'endormir seul avec son ourson. Il devient moins tendu lorsque ses parents le laisse seul. Il se sent de plus en plus à l'aise avec ce qui est familier, mais reste en alerte face à de nouvelles sensations.

Selon Welker (2012), À six mois et demi, il y a un haut signal de myélinisation dans l'ensemble du corps calleux et la myélinisation de la face ventrale du pont est complétée. À sept mois, selon Parazzini, (2002), les fibres en U sous-corticales du lobe occipital sont myélinisées.

Ainsi, les connexions neuronales entre le thalamus et le mésolimbique continuent de s'établir chez le nourrisson, tel qu'illustré à la Figure 3. Selon LeDoux (1998), dans une situation de danger, mais non de survie, l'information passe du thalamus aux cortex associatifs unimodaux qui permet de préciser l'objet du danger et d'envoyer cette information plus précise à l'amygdale. Parallèlement, à partir des cortex associatifs unimodaux, l'information se rend aux cortex associatifs polymodaux, ce qui permet de déterminer le concept et à l'hippocampe, ce qui permet de préciser le contexte. Par la suite, ces analyses de l'information sont transmises à l'amygdale qui est davantage en mesure de commander la réponse la plus adaptée pour faire face à cette situation.

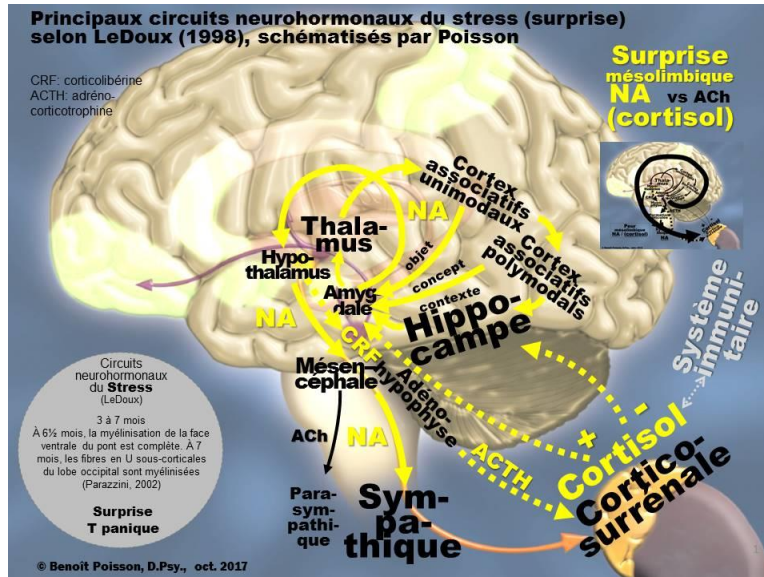


Figure 3. Principaux circuits neurohormonaux du stress (surprise) selon LeDoux (1998) schématisés par Poisson. Les flèches jaunes \leftrightarrow représentent les voies noradrénergiques et les flèches pointillées oranges $\nabla \rightarrow$ l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien.

Lorsque l'hippocampe identifie un danger imminent, il envoie un message à l'amygdale, qui selon Ledoux (1998), va commander à l'hypothalamus d'activer le système sympathique en passant par le mésencéphale. Parallèlement, en sécrétant de la corticolibérine (CRF), l'hypothalamus active l'hypophyse qui va sécréter, à son tour, de l'adrénocorticotrophine (ACTH) stimulant la production de cortisol au sein des corticosurrénales pour maintenir le plus d'énergie possible afin de faire face à cette menace. C'est l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS).

Ainsi, ces circuits neurohormonaux sont à la base de la surprise qui maintient un état de stress grâce à l'activation du système sympathique et à l'augmentation du cortisol. Cela permet au nourrisson de maintenir l'énergie nécessaire pour faire face au danger tant qu'il ne sera pas écarté. C'est le système inhibiteur de l'action (SIA) élaboré par Laborit (1970). Cependant, le cortisol est en interaction avec le système immunitaire. Lorsque le cortisol est en trop grande quantité, le système immunitaire s'affaiblit. Selon Lupien (2010), si une situation de stress persiste trop longtemps et que le niveau de cortisol devient trop élevé, cela peut conduire à l'épuisement et aux maladies psychosomatiques, telles que décrites par Selye (1955).

Lorsque le danger est écarté, le cortisol, qui a un effet de rétrocontrôle inhibiteur, va retourner un message à l'hippocampe lui indiquant que la situation est sous contrôle. À son tour, l'hippocampe va transmettre le message à l'amygdale pour faire cesser la production de CRF et la libération de l'ACTH et permettre alors le retour à l'homéostasie. C'est ce deuxième niveau d'équilibre, grâce à l'axe HHS, qui permet au nourrisson de maintenir un sain développement.

Les principaux circuits neurohormonaux de la récompense (désir)

Le développement des circuits neurohormonaux de la récompense permet au bébé, qui commence à se déplacer, d'explorer et de découvrir son environnement, d'où l'apparition d'une troisième émotion, le désir. Il fait plus d'activités par et pour lui-même. Le jeu prend une grande importance lui permettant de développer de nouvelles habiletés tout en s'amusant.

Durant cette période, le bébé continue ses apprentissages de nouvelles sensations corporelles par l'exploration et le jeu. Sa conscience corporelle prend tout un essor. La station assise et l'acquisition des déplacements favorisent l'exploration de son environnement. Il a une nouvelle vision sur le monde qui l'entoure et il est moins dépendant des autres pour aller chercher ce qu'il veut. Il aime beaucoup grimper et il a beaucoup de plaisir à faire et à défaire. Il est peu conscient des dangers physiques, il recherche les nouvelles sensations et répète les mouvements qui lui procurent ces nouvelles formes de sensations. Ces expériences proprioceptives, tactiles et vestibulaires lui permettront de développer sa conscience corporelle et la conscience de son corps dans l'espace. Il est beaucoup plus expressif dans son babillage et son contentement se lit sur son visage. Il recherche la communication.

Selon Welker (2012), vers 12 mois, les régions myélinisées s'étendent dans les fibres en U sous-corticales des lobes frontaux et temporaux de même que tout au long du cervelet. Vers quatorze mois, ce sont les lobes occipitaux qui deviennent myélinisées tandis que les lobes frontaux le seront vers seize mois.

Ainsi, les connexions du thalamus s'étendent maintenant jusqu'au cortex préfrontal qui est un centre de planification et de motivation de l'action de même que de stimulation

de l'attention, tel qu'illustré à la Figure 4. Selon Tassin (1998), ce niveau plus élevé d'action et d'attention entraîne une augmentation de la synthèse de dopamine dans l'aire tegmentale ventrale (ATV). Cette dopamine est envoyée dans le septum, ce qui déclenche la sensation de plaisir. De la dopamine est aussi envoyée dans les noyaux accumbens qui en informent l'amygdale et l'hypothalamus. L'augmentation de la dopamine dans les noyaux accumbens a un effet de renforcement sur les comportements qui permettent de satisfaire les besoins primaires. « Tous ces centres sont interconnectés et innervent l'hypothalamus, l'informant de la présence d'une récompense. L'hypothalamus agit alors en retour non seulement sur l'aire tegmentale ventrale, mais aussi sur les fonctions autonomes et endocrines de tout le corps par l'entremise de l'hypophyse » (Le plaisir et la douleur, McGill University, 2012). C'est ce système de récompense qui entretient le désir. Parallèlement, l'hypothalamus fait produire de la bêta-endorphine dans l'adénohypophyse qui va se déverser dans les noyaux accumbens, permettant l'établissement d'un renforcement positif selon Trezza (2010).

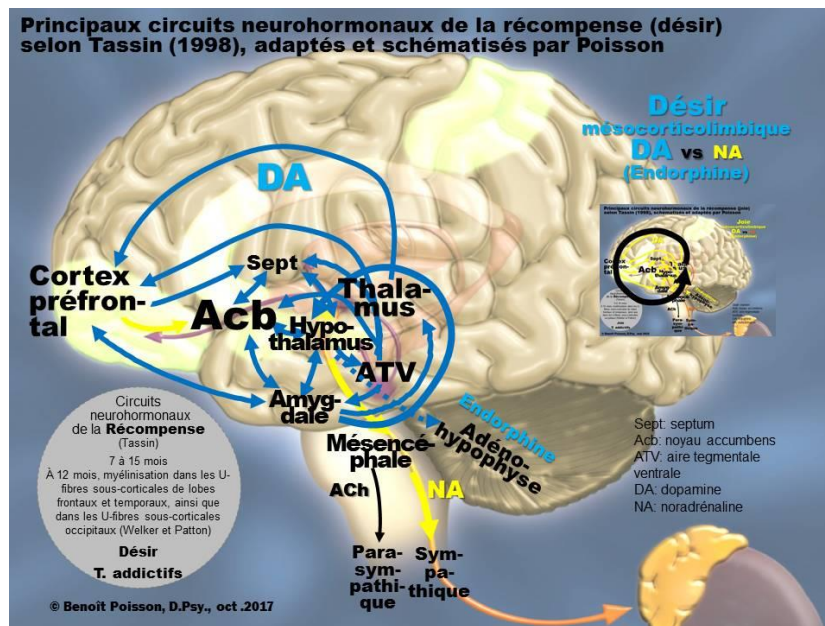


Figure 4. Principaux circuits neurohormonaux de la récompense (désir) selon Tassin (1998) adaptés et schématisés par Poisson. Les flèches bleues \rightleftarrows représentent les voies dopaminergiques et les flèches pointillées bleues \rightleftarrows représentent l'axe hypothalamo-hypophysaire.

Le bébé profite pleinement de cette phase lorsque les deux premiers circuits neurohormonaux sont en équilibre. Sinon, la dopamine sera transformée en noradrénaline

dans le mésencéphale et si c'est nécessaire en adrénaline dans les médullosurrénales pour retrouver l'équilibre au niveau des deux premiers circuits.

Les principaux circuits neurohormonaux de l'empathie (tristesse)

Le développement des circuits neurohormonaux de l'empathie favorise chez le bébé, par les multiples expériences sensorielles vécues, le développement d'une conscience corporelle de soi (stade du miroir) et aussi la capacité de ressentir une nouvelle sensation : le mal-être, c'est-à-dire un profond malaise. Le bébé est aussi capable de ressentir ce mal-être chez les autres (Decety, 2010). C'est ce qui le rend capable d'empathie. Cela lui permet de comprendre que l'autre a aussi des émotions. Il est tiraillé entre son besoin de faire ce qu'il aime et ce que l'autre veut. Il apprend qu'il n'est plus le centre du monde et qu'il doit tenir compte des besoins de l'autre, d'où l'apparition d'une nouvelle émotion : la tristesse. Durant cette période, le bébé fait l'apprentissage d'une nouvelle conscience, la conscience sociale. Il se préoccupe de l'autre. Il partage en donnant de sa nourriture à un autre enfant. Il devient plus sensible à son environnement social puisqu'il n'est plus seulement centré sur ses besoins. Il cherche l'approbation et l'encouragement des autres. Cela favorise la socialisation par le développement d'un réseau relationnel restreint à la famille immédiate dans un premier temps.

À 18 mois, selon Welker (2012) la myélinisation est prédominante dans la matière blanche sous-corticale, surtout en arrière et beaucoup moins dans les lobes frontaux. La myélinisation de la matière blanche sous-corticale des lobes occipitaux est terminée vers l'âge de 15 mois. La face antérieure des lobes frontaux et temporaux va être complétée vers 24 mois.

Ainsi, les connexions continuent de s'établir au niveau du néocortex, tel qu'illustré à la Figure 5. Selon Decety (2010), dans un premier temps, ce sont les connexions qui se font avec l'insula antérieure qui apporte l'information des états viscéraux et les cortex somatosensoriels secondaires, centres d'évaluation de la douleur physique. Ces connexions vont par la suite aux cortex cingulaires antérieurs qui apportent le côté émotif de la douleur, c'est-à-dire le mal-être et aux cortex préfrontaux médians qui, selon l'intensité du mal-être, va informer l'amygdale. Alors l'amygdale est en mesure de

commander à l'hypothalamus de ralentir l'activation, ce qu'il fait en activant le système parasympathique qui utilise de l'acétylcholine (ACh) comme neurotransmetteur et favorise de cette façon la récupération. Cette fois-ci, le principal neurotransmetteur est la sérotonine (5-HT), un neurotransmetteur qui, selon Roberge (1976), est en opposition avec la dopamine, car il a comme effet de ralentir l'activation. Parallèlement, l'hypothalamus produit de l'ocytocine dans la neurohypophyse qui va se déverser dans le cerveau, ce qui favorise l'attachement selon Ditzen (2009). Ce sont les voies sérotoninergiques qui prédominent dans ces circuits, mais qui sont contrebalancées par les voies dopaminergiques, ce qui crée le troisième niveau d'équilibre.

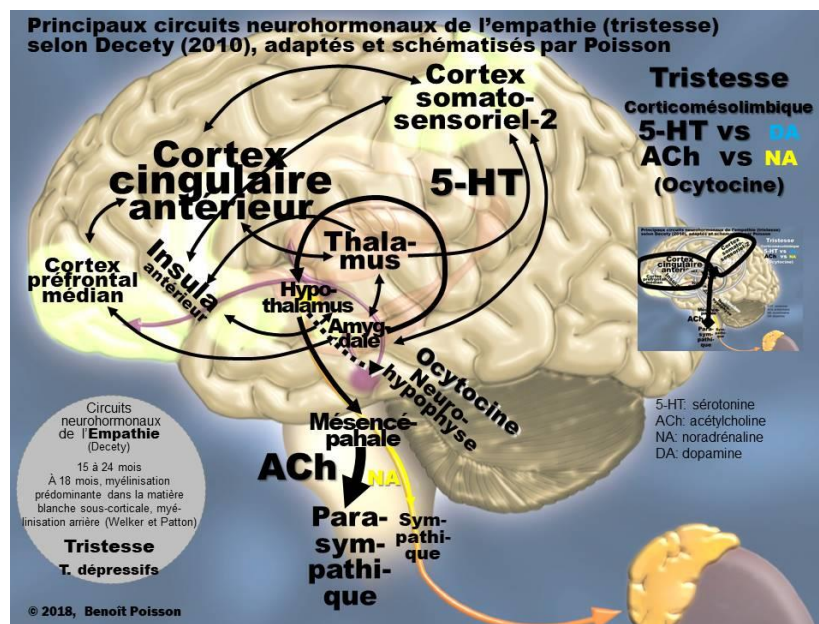


Figure 5. Principaux circuits neurohormonaux de l'empathie (tristesse) selon Decety (2010) adaptés et schématisés par Poisson. Les flèches noires \longleftrightarrow représentent les voies sérotoninergiques et les flèches pointillées $\nabla \dots \nabla$ noires représentent l'axe hypothalamo-hypophysaire.

Les principaux circuits neurohormonaux de la conscience (bonheur)

Les cinquièmes circuits neurohormonaux à être fonctionnels sont ceux de la conscience. Selon Damasio (2010), ces connexions apportent une nouvelle capacité chez l'enfant, celle de l'autorégulation. Cette nouvelle capacité permet de faire les liens entre les expériences du passé et les perspectives d'avenir que l'enfant est en mesure de se

représenter à travers des images (Damasio, 2010), ce qui favorise le développement de la réflexion et du jugement. Il prend de plus en plus d'initiatives et veut faire les choses seul. Il est moins contrarié lorsqu'on lui impose de la limite, car il commence à comprendre pourquoi on lui impose une discipline. Durant cette période, l'enfant fait l'apprentissage d'une nouvelle conscience, la conscience morale. Il commence à comprendre qu'il est un individu à part entière. Il apprendra à différencier ce qui est bien de ce qui est mal. C'est le début de l'acquisition de valeurs.

Lorsqu'il est en équilibre, il se sent bien dans sa peau et il a une bonne estime de soi, d'où l'apparition d'une cinquième émotion, le bonheur. Ce n'est qu'à long terme qu'il deviendra capable de se connaître véritablement et d'évaluer sa satisfaction personnelle, ce qui développera sa conscience de soi. Parallèlement, l'épiphyse produit de la mélatonine sous la supervision de l'hypothalamus, ce qui favoriserait un sommeil réparateur selon De Jaeger (2012) et ainsi une meilleure capacité d'apprentissage permettant à l'enfant d'évoluer sainement. La sérotonine et la mélatonine favorise ainsi l'atteinte du bonheur.

À 28 mois, selon Welker (2012), la substance blanche corticale est myélinisée à l'exception des pôles temporaux antérieurs et des zones terminales périatriales. La myélinisation est complète vers 36-40 mois. Selon Damasio (2010), les connexions se rendent jusqu'au précunéus, centre de détection des erreurs, tel qu'illustré à la Figure 6. De là, elles vont aux cortex cingulaires postérieurs et aux cortex préfrontaux dorsolatéraux et ventromédians. Le principal neurotransmetteur est encore la sérotonine (5-HT), un neurotransmetteur qui a comme effet de ralentir l'activation, permettant ainsi l'autorégulation. Parallèlement, l'épiphyse produit de la mélatonine sous la supervision de l'hypothalamus, ce qui favoriserait un sommeil réparateur selon De Jaeger (2012) et ainsi une meilleure capacité d'apprentissage permettant à l'enfant d'évoluer sainement.

De trois ans jusque vers douze ans, l'enfant apprend graduellement à utiliser ces différents circuits neurohormonaux lui permettant de s'adapter à son environnement. L'enfant va continuer de peaufiner ses réactions émotives en expérimentant. Il se conforme plus souvent aux exigences de ses parents et de ses enseignants. Il est moins

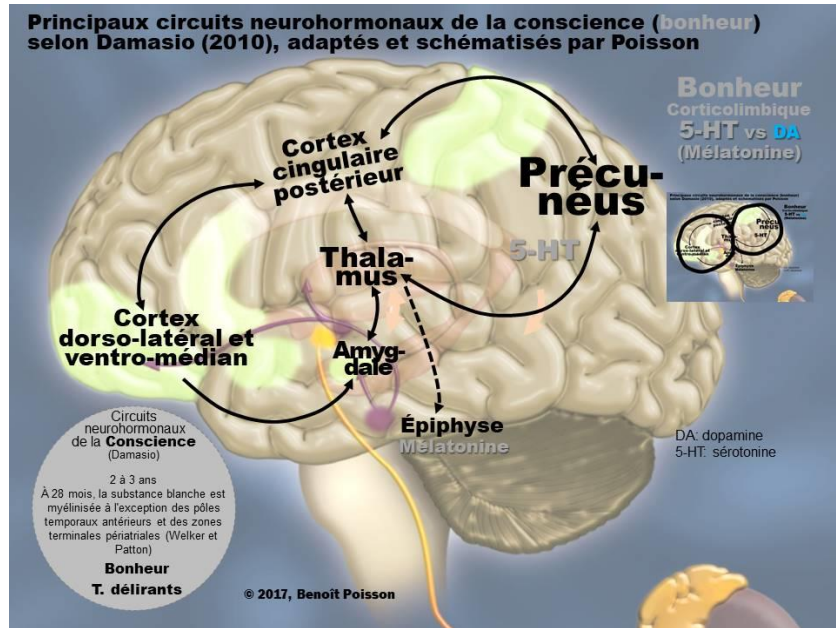


Figure 6. Principaux circuits neurohormonaux de la conscience (bonheur) selon Damasio (2010) adaptés et schématisés par Poisson. Les flèches grises \curvearrowright représentent les voies sérotoninergiques, et les flèches pointillées $\dashv\dashv$ grises représentent l'axe hypothalamo-épiphytaire.

égocentrique et a du plaisir avec ses amis qui prennent de plus en plus d'importance. Il est plus conscient de ses capacités et est fier de ses réussites. Il développe la capacité d'anticiper réalistement les événements à venir. Il comprend mieux les conséquences de ses gestes. Les notions de justice et d'injustice commencent à faire du sens pour lui. Il contrôle mieux ses émotions et les exprime plus facilement.

Le processus de myélinisation est rapide pendant les trois premières années avec des phases critiques, suivi par une progression plus normale jusque vers la fin de la vingtaine, selon Hayakawa (1991). La myélinisation se poursuit tout au long de la vie. C'est la plasticité du cerveau qui permet à la personne de faire de nouveaux apprentissages tout au long de sa vie afin de maintenir son équilibre et de permettre une saine adaptation à son environnement physique et social.

FONCTIONNEMENT DES CIRCUITS NEUROHORMONAUX

En plus de la sortie d'information du thalamus vers le mésencéphale afin de mettre en branle le système nerveux somatique, selon Roberge (1998), il existe deux autres sorties d'information du cerveau qui sont gérées par l'hypothalamus (système limbique), tel qu'illustré à la Figure 7. Ces deux sorties d'information permettent de peaufiner les réponses comportementales favorisant l'homéostasie de l'organisme. La première sortie d'information part de l'hypothalamus vers le mésencéphale afin d'activer le système nerveux périphérique. Ce dernier se subdivise en deux : le sympathique (noradrénaline) qui accélère la réponse motrice et le parasympathique (acétylcholine), qui la ralentit. Ces deux systèmes fonctionnent en complémentarité. Quant à la deuxième sortie d'information, elle est endocrinienne, c'est-à-dire qu'elle emprunte l'axe hypothalamus-hypophyso-surrénalien pour le cortisol, l'axe hypothalamus-hypophyse pour les endorphines et l'ocytocine et l'axe hypothalamus-épiphyse pour la mélatonine. Les différents comportements émotifs résultent d'une de ces deux sorties d'information ou de leur combinaison gérées par le système limbique en lien continu avec le néocortex.

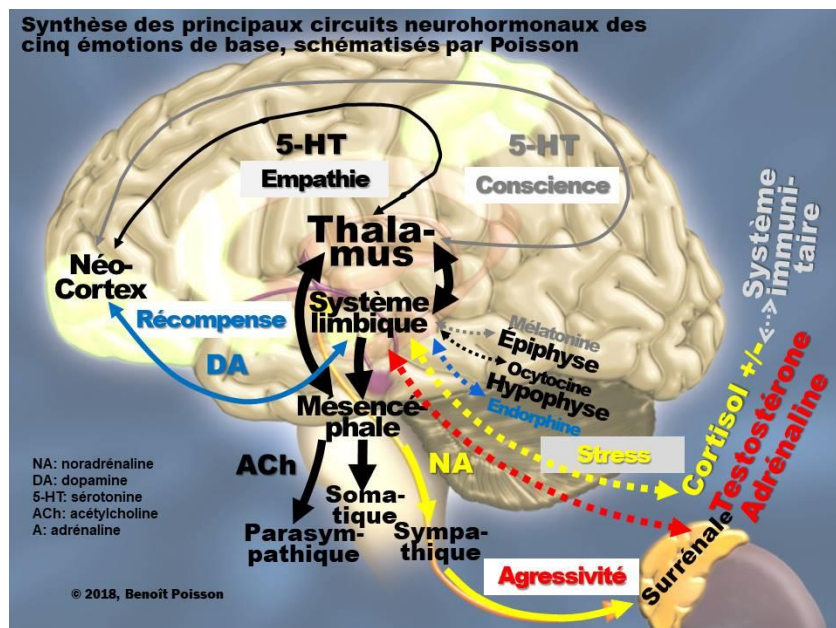


Figure 7. Synthèse des principaux circuits neurohormonaux des cinq émotions de base schématisés par Poisson. Les flèches noires \longleftrightarrow représentent les voies sérotoninergiques, celles bleues \longleftrightarrow les voies dopaminergiques et celles jaunes \longleftrightarrow les voies noradrénergiques.

Par exemple, selon l'origine de l'information, le thalamus va envoyer cette information au système limbique (amygdale) qui, à son tour, par l'entremise du mésencéphale, si c'est une question de survie dans l'immédiat, va activer le système sympathique afin de déclencher la production d'adrénaline dans les médullosurrénales. Cela fera produire très rapidement un surplus d'énergie pour faire face à cette perturbation. Si c'est une question de protection face à un danger, l'information va passer par le système limbique (hippocampe) et c'est le système sympathique qui va être encore activé. Cependant, l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien va être enclenché afin de produire du cortisol dans les corticosurrénales permettant ainsi de maintenir l'énergie pour éviter la perte de contrôle due à cette perturbation. Par ailleurs, si la situation ne présente pas un enjeu de survie ou de protection, l'information sera orientée du thalamus vers les différents cortex (préfrontal, cingulaire et autres) pour en obtenir une analyse plus détaillée et permettre un comportement adapté à la situation, tel que l'exploration, le maintien d'une relation ou la réflexion.

L'équilibre s'exerce à trois niveaux. Le premier est au sein du système nerveux autonome, sympathique (noradrénaline) ou parasympathique (acétylcholine), le deuxième au sein des corticosurrénales, cortisol activateur ou inhibiteur et le troisième au sein du cerveau, dopamine ou sérotonine.

En somme, tous ces circuits neurohormonaux sont interdépendants et en interrelations permanentes afin de maintenir l'homéostasie. Aucun centre spécifique ne contrôle la totalité du comportement humain. Ce contrôle est exercé par un ensemble de structures cérébrales et de relais qui, par des échanges permanents, permettent une réponse adaptée et le maintien de l'équilibre. Chaque circuit a son utilité et prédomine selon la nécessité de la situation. C'est cette capacité de flexibilité dans l'utilisation appropriée de chaque circuit neurohormonaux selon le contexte qui varie d'une personne à l'autre et qui détermine la capacité d'autorégulation qui favorise l'adaptation de chacun.

La colère, par exemple, est une émotion de survie qui permet de maintenir son intégrité physique. Elle est très utile en situation d'urgence pour une réponse immédiate. Mais elle peut aussi être néfaste si elle est utilisée intensément et sans égard aux situations, car elle pourrait alors entraîner des troubles des conduites. Ce sont donc les autres circuits neurohormonaux qui vont intervenir pour réguler la colère.

La Figure 8 illustre un schéma de la biopsychologie systémique des émotions de base et de certains troubles cliniques qui arrivent lorsqu'il y a une perte importante d'équilibre. L'ordre d'apparition des différents circuits neurohormonaux est présenté de même que les différents circuits neurohormonaux en lien avec la myélinisation.

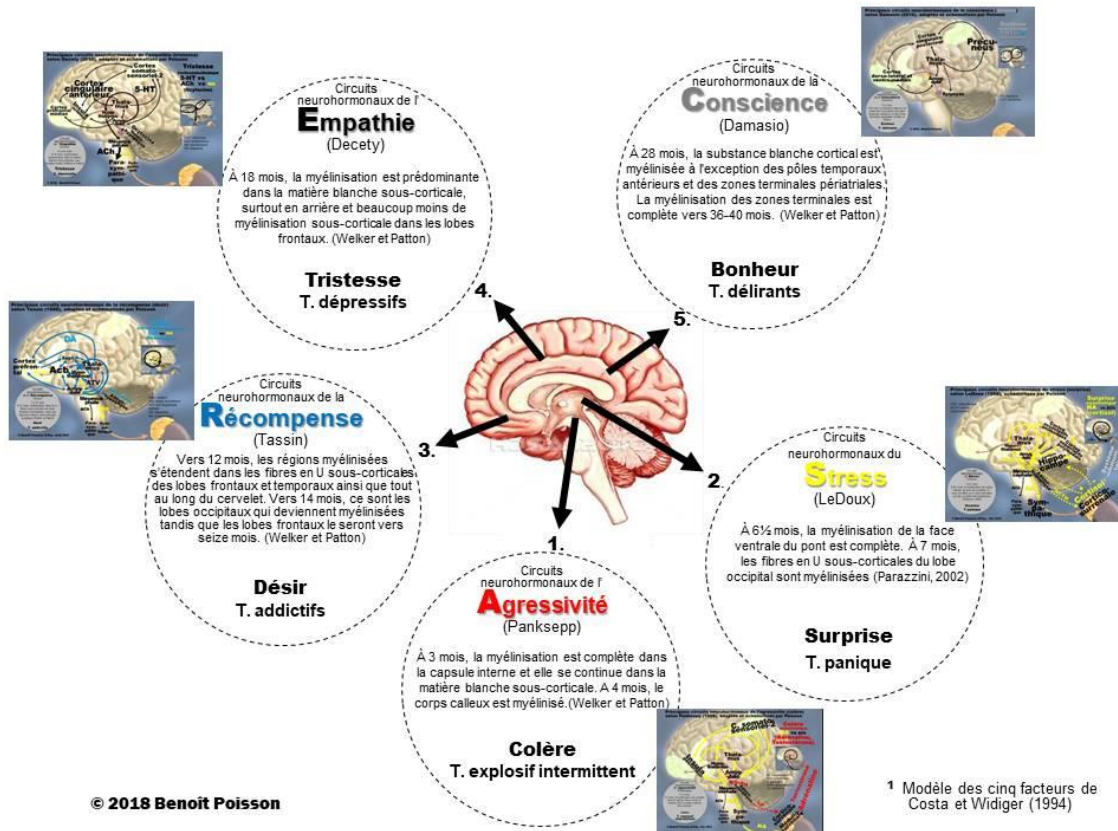


Figure 8. Schéma de la biopsychologie systémique des émotions de base et de certains troubles cliniques.

CONCLUSION

En s'appuyant sur les récents constats de la recherche en neurosciences, le modèle heuristique présenté dans cet article permet de mieux comprendre comment se sont développés les circuits neurohormonaux soutenant les émotions de base et comment elles fonctionnent en complémentarité. Les émotions font partie intégrante du comportement humain. Elles permettent à l'individu de s'adapter constamment à son environnement physique et social. Cette approche apporte une nouvelle perspective pour comprendre comment chaque personne maintient son équilibre afin d'éviter l'apparition de

troubles cliniques. Elle ouvre la porte à des applications cliniques grâce à la compréhension des mécanismes neurochimiques qui sous-tendent les émotions de base.

RÉFÉRENCES

- Anacker, C., O'Donnell, K. J. et Meaney, M. J. (2014). Early life adversity and the epigenetic programming of hypothalamic-pituitary-adrenal function. *Dialogues Clinical Neuroscience*, 16, 321-333.
- Damasio, A. (2010). *L'autre moi-même, les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions*. Éditions Odile Jacob.
- Decety, J. (2010). La force de l'empathie. *Cerveau & Psycho*. 38: 43-49.
- De Jaeger, C. (2012). La mélatonine. Dans *Les techniques de lutte contre le vieillissement*, 95-110, Que Sais-je, no 3463, PUF, Paris.
- Deoni, S. C. L., Dean, D. C., O'Muircheartaigh, J., Dirks, H. et Beth A. Jerskey, B. A. (2012). Investigating white matter development in infancy and early childhood using myelin water fraction and relaxation time mapping. *Neuroimage*, 63(3), 1038–1053.
- Dietrich, R. B., Bradley, W. G., Zaragoza, E. J., Otd, R. J., Taira, R. K., Wilson, G. H. et Kangaroo, H. (1988). MR Evaluation of Early Myelination Patterns in Normal and Developmentally Delayed Infants. *AJNR* 9,69-76.
- Ditzen, B., Schaer, M., Gabriel, B., Bodenmann, G., Ehler, U. et Heinrichs, M. (2009). Intranasal oxytocin increases positive communication and reduces cortisol levels during couple conflict. *Biology Psychiatry*, 1; 65(9): 728-731.
- Giedd, J. N. et al. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature neuroscience*, 2(10), 861-863.
- Ginger, S. (2010). Cerveau féminin, cerveau masculin. Récupéré le 26 mars 2012 sur le site de l'auteur : [http://sergeginger.net/resources/Cerveau+f\\$C3\\$A9minin\\$3Acerveau+ masculin.pdf](http://sergeginger.net/resources/Cerveau+f$C3$A9minin$3Acerveau+ masculin.pdf).
- Ekman, P. (2007). *Emotions Revealed, Second Edition: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life* Paperback.
- Hayakawa, K., Konishi, Y., Kuriyama, M., Konishi, K. et Matsuda, T. (1991). Normal brain maturation in MRI. *European Journal of Radiology*, 12(3), 208-215.
- Jack, R. E., Garrod, O. G. B. et Schyns, P. G. (2014). Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmit an Evolving Hierarchy of Signals over Time. *Current Biology*, vol. 24, no. 2, pp. 187-192.

- Kinney, H. C., Brody, B. A., Kloman, A. S. et Gilles, F. H. (1988). Sequence of central nervous system myelination in human infancy. II. Patterns of myelination in autopsied infants. *J. Neuropathology Exp Neurology*, 47(3), 217-234.
- Laborit, H. (1970). *L'agressivité détournée : Introduction à une biologie du comportement social*. Éd. Union Générale d'Édition, coll. « 10/18 ».
- Lacombe, M. (2007). *Le Lacombe : précis d'anatomie & de physiologie humaine*, volume 1. France, Éditions Lamarre.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain*. Weidenfeld & Nicolson, London.
- Le plaisir et la douleur. Récupéré le 20 mars 2012 du site : Le cerveau à tous les niveaux : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/index_a.html
- Lupien, S. (2010). *Par amour du stress*. Montréal, Éditions au carré.
- Miller D. J., Duka, T., Stimpson, C. D., Steven J., Schapiro, S., Baze, W. B., McArthur, M. J., Fobbs, A. J., /Sousa, A. M., Šestan, N., Wildman, D. E., Lipovich, L., Kuzawa, C. W., Patrick R., Hof, P., Chet C. et Sherwood, C. C. (2012). Prolonged myelination in human neocortical evolution. *PNAS*, vol. 109, no. 41, 16480–16485.
- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience*. New York, Oxford University Press.
- Panksepp, J. (2011) Cross-Species Affective Neuroscience Decoding of the Primal Affective Experiences of Humans and Related Animals. *PLoS ONE*, 6(8), e21236.
- Parazzini, C, Baldoli, C, Scotti, G et Triulzi F. (2002). Terminal zones of myelination: MR evaluation of children aged 20-40 months. *American Journal of Neuroradiology*. 23(10), 1669-1673.
- Roberge, A. G., Parent, A. et Boulay, M. (1976). Démonstration d'une relation inversement proportionnelle entre la dopamine et la sérotonine dans certaines structures cérébrales : aspects neurochimique et morphologique. *Journal of Neurochemistry*, Vol 26, pp. 591-595.
- Roberge, A. G. (1998). Le système neuro-endocrino-immunitaire : un trio indissociable. *Le clinicien*, septembre, pp. 185-194.
- Schore, A. N. (2008). *La régulation affective et la réparation du soi*. Montréal. Les éditions du CIG.
- Selye, H. (1955). Selye explique les mécanismes du stress. Récupéré le 20 mars 2012 sur YouTube : www.youtube.com/watch?v=ZH37hdGiwVw, 2012.
- Staudt, M., Schropp, M., Staudt, C., Obletter, N., Bise, K. et Breit, A. (1993). Myelination of the brain in MRI: A staging system. *Pediatric Radiology*, 23(3), 169-176.
- Tassin, J.-P. (1998). Drogues, plaisir et douleur. *La recherche*, 306.

- Trezza, V., Damsteegt, R., Achterberg E. J. et Vanderschuren, L. J. (2011). Nucleus accumbens μ -opioid receptors mediate social reward. *The Journal of Neuroscience*, 31(17), 6362–6370.
- Welker, K. M. et Patton, A. (2012). Assessment of normal myelination with magnetic resonance imaging. *Seminar in Neurology*, 32, 15-28.
- Wright, N. D., Bahrami, B., Johnson, E., Di Malta, G., Rees, G., Frith, C. D. et Dolan, R. J. (2012). Testosterone disrupts human collaboration by increasing egocentric choices. *Proceedings Biological Sciences*, 279(1736):2275-2280.
- Zuckerman, M. (2003). *La IIIème révolution du cerveau: Psychobiologie de la personnalité*. Paris: Payot.