

Article from the Science Magazine *La Recherche*
Special Edition 'La Mémoire et l'Oubli', July-August 2001

sections

[Lobotomies frontales](#)

[Inadaptation émotionnelle](#)

[Hippocampe](#)

[Imagerie fonctionnelle](#)

[Comment la barre de Phineas Gage révéla le rôle du lobe frontal](#)

Emotions et souvenirs se forment dans la même partie du cerveau. Mais l'impact de cette découverte a été négligé durant le XXe siècle. Leurs relations commencent seulement à être étudiées grâce à l'émergence des neurosciences affectives.

Nos émotions jouent un rôle essentiel dans notre mémoire autobiographique. Mais l'étude des mécanismes cérébraux qui les gouvernent a longtemps été négligée par les neurosciences. Toute émotion affecte simultanément notre corps, notre comportement, nos sentiments et notre mémoire. Autant d'aspects difficiles à mesurer objectivement et à évaluer simultanément. Face à une même situation, les réponses émotionnelles varient en fonction de l'individu, de son tempérament et de son environnement physique et social. Une versatilité qui complique encore leur évaluation.

A la fin du XIXe siècle, Sigmund Freud attribuait pourtant aux émotions une influence déterminante dans le développement des individus. Le psychologue William James soulignait déjà leur importance pour le bon fonctionnement de la mémoire. 'Se souvenir de tout serait aussi fâcheux que ne se souvenir de rien', insistait-il. Le cerveau doit effectuer une sélection. Il le fait en fonction de la valeur affective qu'un événement revêt pour nous. Tout au long du XXe siècle, les émotions ont conservé une place centrale au sein de la psychologie. En revanche, la compréhension de leur organisation cérébrale ne s'est imposée comme un enjeu majeur pour les neurosciences qu'au cours de ces dernières années. Cette lente évolution est bien illustrée par l'histoire de nos connaissances de deux régions présentes dans chaque hémisphère du cerveau, les lobes frontal* et temporal*. Découverte vers le milieu du XIXe siècle, leur importance pour les émotions n'a longtemps suscité qu'un intérêt marginal. A l'opposé, leur implication dans la mémoire, identifiée plus tard, a immédiatement suscité un nombre considérable de travaux.

Dès 1848, John Harlow, médecin d'une petite ville de l'Est américain, décrivait le cas spectaculaire de Phineas Gage (voir l'encadré : 'Comment la barre de Phineas Gage révéla le rôle du lobe frontal') et remarquait le rôle des lobes frontaux dans le contrôle des émotions. Mais la localisation cérébrale des fonctions mentales, idée largement acceptée aujourd'hui, suscitait alors de vives controverses. Elle ne s'imposera lentement qu'après la démonstration, dans les années 1860-1870, du rôle de certaines aires de l'hémisphère gauche dans le langage. En 1848, le cas de Phineas Gage fut donc plutôt perçu comme un encouragement pour la neurochirurgie balbutiante du moment. Il s'avérait en effet possible d'ôter une grosse portion du cerveau (en cas de tumeur par exemple) sans provoquer la mort, ni altérer aucune des fonctions psychologiques 'majeures', perception, motricité, langage, intelligence, ou mémoire. Dans les décennies qui suivirent, la neurochirurgie fit d'énormes progrès, aidée, paradoxalement, par la Première Guerre mondiale et ses nombreux blessés. Le cas de Phineas Gage ne fut plus guère évoqué dans la littérature médicale. Le lobe frontal fascinait les chercheurs de la première moitié du XXe siècle, mais en tant que siège des fonctions intellectuelles 'supérieures' spécifiques aux primates. Cette région du cerveau est en effet si développée chez l'homme qu'elle occupe à elle seule un tiers du cortex.

Lobotomies frontales

Lors du 2e Congrès international de neurologie, à Londres, en 1935, le neuropsychologue

Carlyle Jacobsen et le neurochirurgien John Fulton présentèrent leurs travaux sur les effets d'une ablation des lobes frontaux chez des chimpanzés. Placées face à deux coupelles identiques, les deux femelles opérées, Becky et Lucy, étaient incapables de retrouver laquelle dissimulait une friandise, bien que la récompense ait été cachée sous leurs yeux quelques secondes auparavant seulement. Cette étude pionnière ouvrit la voie vers la compréhension des relations entre lobe frontal et mémoire. Jacobsen et Fulton mentionnèrent également des changements surprenants de comportement chez les animaux opérés. Lucy, à l'origine calme et tempérée, devint plus coléreuse et violente. A l'inverse, Becky, irascible avant l'opération, semblait d'une indéfectible bonne humeur après. Bien qu'apportant une nouvelle preuve du lien entre lobe frontal et émotions, ces anecdotes eurent peu de répercussions sur la recherche fondamentale. Le cas de Becky eut, en revanche, une conséquence inattendue en psychiatrie. Le neurologue portugais Egas Moniz allait, dès son retour du congrès de Londres, pratiquer des lobotomies frontales chez des patients psychotiques. Ainsi naquit la psychochirurgie, thérapeutique audacieuse consistant à ôter une partie du cerveau pour traiter les maladies mentales.

En dépit de ses effets secondaires, ce traitement radical allait rapidement être appliqué à des milliers de patients dans le monde entier. Et même valoir un prix Nobel à Moniz en 1949, avant que son usage abusif ne lui fasse une sinistre réputation, et que l'arrivée des neuroleptiques dans les années 1950 ne le rende obsolète(1). Le cortex préfrontal (ou partie avant du lobe frontal, celle qui fut touchée chez Gage), cible des lobotomies, allait cependant rester la structure la moins bien connue du cerveau jusque dans les années 1970 ! Les nombreux travaux suscités par les déficits d'apprentissage rapportés par Jacobsen et Fulton établiront seulement après cette date le rôle de la partie latérale du cortex préfrontal dans la mémoire de travail, celle qui nous permet de garder en tête une information, un numéro de téléphone par exemple, juste le temps de l'utiliser.

Inadaptation émotionnelle

En ce qui concerne les lobes temporaux, les premiers indices de leur implication dans les émotions remontent à des observations faites en 1888. Mais ils tombèrent dans l'oubli jusqu'à la découverte du psychologue Heinrich Klüver et du neurologue Paul Bucy de l'université de Chicago en 1938. Etudiant des singes porteurs de lésions des lobes temporaux, ces auteurs furent surpris par les comportements émotionnels inadaptés de ces animaux. Ils approchaient, manipulaient ou portaient à la bouche, de façon compulsive, tout ce qu'on leur présentait. Ils paraissaient également ne plus ressentir aucune peur, même face à un serpent. Une attitude qui leur aurait été fatale dans leur milieu naturel. En 1956, on établit que ce syndrome, dit de Klüver et Bucy, est principalement dû à l'atteinte de la région antérieure de la partie médiane du lobe temporal, celle qui contient l'amygdale(2), une petite structure en amande. On ne s'interrogera plus guère ensuite sur les fonctions exactes des lobes temporaux pour les émotions. Car commence alors la saga, toujours d'actualité, de leurs relations avec la mémoire.

En 1957 et 1958, la psychologue Brenda Milner de l'institut neurologique de Montréal décrit les cas dramatiques de patients devenus amnésiques à la suite d'une ablation chirurgicale de l'un ou des deux lobes temporaux. Elle a observé cet effet inattendu chez quatre patients, deux parmi les trente opérés par William Scoville aux Etats-Unis, et à nouveau deux parmi plus de quatre-vingt-dix patients opérés par Wilder Penfield au Canada. La postérité retiendra l'un d'entre eux, qui deviendra célèbre sous les initiales H.M. Une large partie de nos connaissances actuelles sur l'organisation cérébrale de la mémoire repose sur lui. En 1953, ce jeune homme de 27 ans subit une ablation des deux lobes temporaux pour ôter le foyer d'une épilepsie très invalidante et rebelle à tout traitement médicamenteux. L'opération soulagea l'épilepsie. Mais elle provoqua une amnésie profonde qui perdure aujourd'hui.

Hippocampe

Depuis près de cinquante ans maintenant, H.M. oublie au fur et à mesure tous les événements de sa vie quotidienne. Or sa lésion, contrairement à celle de la plupart des patients opérés en même temps que lui, s'étendait au point d'inclure non seulement l'amygdale, mais aussi une large portion de l'hippocampe. Ainsi découvrait-on que l'hippocampe, dont la fonction était jusqu'alors inconnue, était en fait nécessaire pour la formation des souvenirs nouveaux. Cette découverte allait motiver un nombre considérable de travaux expérimentaux. Un intense effort qui a abouti aujourd'hui à une remarquable connaissance des bases cérébrales de la mémoire épisodique et sémantique, celles, respectivement, des événements personnellement vécus et des connaissances générales sur le monde.

En revanche, H.M. n'a jamais été l'objet d'une évaluation approfondie sur le plan émotionnel. Seules quelques anecdotes ont été rapportées à son sujet qui suggèrent un appauvrissement émotionnel, différent mais néanmoins proche de celui des singes de Klüver et Bucy, après le même type de lésion. En dehors de quelques accès d'irritabilité, H.M. a en effet été décrit d'une humeur étonnamment placide, parlant sur un ton monotone, et témoignant d'une résistance inhabituelle à la douleur, la faim ou la fatigue.

Les émotions sont aujourd'hui l'objet d'un intérêt grandissant en neurosciences, comme en témoigne la croissance exponentielle des publications dans ce domaine depuis la fin des années 1990. Ce rebondissement s'explique par la convergence d'au moins trois facteurs. En premier lieu, l'essor des neurosciences cognitives, tout au long du XXe siècle, a considérablement accru notre savoir sur le cerveau, fournissant ainsi les bases indispensables pour aborder la complexité des phénomènes affectifs. En second lieu, des perspectives entièrement nouvelles ont émergé grâce à de récents progrès techniques. Notamment, l'imagerie fonctionnelle nous donne aujourd'hui la possibilité de voir le cerveau humain normal en action, alors qu'autrefois nous devions nous contenter des indices fournis par le cerveau lésé. Enfin, plusieurs chercheurs contemporains, ouvrant la voie des neurosciences affectives, ont su réactualiser l'idée ancienne selon laquelle les émotions sont en réalité la cheville ouvrière du bon fonctionnement de nombre de nos facultés, adaptation sociale, raisonnement, prise de décision, ou mémoire. Les neurosciences affectives offrent déjà un aperçu des mécanismes cérébraux qui gouvernent l'influence des émotions sur la mémoire.

Les travaux actuels concernent principalement les deux amygdales (situées chacune à l'avant de la partie médiane du lobe temporal). Chez le rat, différentes équipes dont celles de Michael Davis à Yale et de Joseph LeDoux à New York, ont réussi à démontrer la machinerie complexe qui contrôle les peurs conditionnées(3). Il s'agit de ce phénomène, commun à nombre d'espèces, de l'escargot de mer à l'homme, par lequel un stimulus neutre associé à un événement désagréable acquiert ensuite le pouvoir de déclencher à lui seul une réaction de peur. Parmi les différents noyaux composant l'amygdale, le noyau latéral reçoit des informations des régions sensorielles comme le cortex visuel. Il les transmet au noyau central relié aux centres cérébraux qui déclenchent les réactions dites autonomes, comme l'accélération du rythme cardiaque. Ce circuit assure l'apprentissage des peurs conditionnées. Il influence des structures voisines comme l'hippocampe qui restituent les souvenirs liés à ces peurs.

Imagerie fonctionnelle

Les expériences chez le rongeur ont ouvert la voie à l'exploration du comportement plus riche des primates. Chez le singe, la destruction sélective des seules cellules des amygdales suffit à perturber l'utilisation de l'ensemble du savoir émotionnel et social des animaux(4). Chez l'homme, leur importance pour la mémoire émotionnelle a été particulièrement bien démontrée par une étude utilisant l'imagerie fonctionnelle par TEP(5) (Tomographie par émission de positons, voir l'article de Francis Eustache). Le neuropsychologue Larry Cahill et ses collègues de l'université de Californie ont mesuré l'activité du cerveau de huit volontaires pendant qu'ils regardaient des documentaires relatant soit des événements neutres, soit des images très négatives (de crimes violents, par exemple). Trois semaines plus tard, les sujets se souvenaient beaucoup mieux des films négatifs que des films neutres, reflétant l'amélioration de la mémoire par les émotions. Mais le résultat important était le suivant : plus l'amygdale située du côté droit du cerveau avait été active pendant la présentation des films, meilleurs étaient les souvenirs des films négatifs. A l'inverse, l'activité de cette amygdale ne prédisait en rien la qualité des souvenirs pour les films neutres. Cette étude fournit donc la preuve d'un lien entre l'activité de l'amygdale droite pendant l'encodage d'informations riches en émotions et leur rétention ultérieure.

En accord avec cette conclusion, les patients dont l'amygdale a été endommagée présentent une mémoire correcte mais insensible à l'effet accélérateur des émotions. A l'inverse, cet effet reste présent chez les amnésiques dont l'amygdale est intacte, ainsi que chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer. Ces patients oublient moins les événements à forte connotation émotionnelle que les autres. Une découverte qui pourrait se révéler utile pour améliorer le soutien quotidien apporté à ces malades.

Martine Meunier est chargée de recherche au CNRS, institut des sciences cognitives, Lyon

Une atteinte des lobes frontaux peut altérer profondément la personnalité et les émotions d'un individu, sans affecter aucune de ses fonctions cognitives, notamment la mémoire. On doit cette découverte à l'obscur médecin de campagne qui soigna Phineas Gage. Ce dernier, jeune contremaître d'une compagnie de construction de chemin de fer de l'Etat du Vermont aux Etats-Unis, fut victime, en 1848, à l'âge de 25 ans, d'une explosion accidentelle en préparant une mine destinée à faire sauter des rochers. La barre de fer à la pointe effilée qu'il manipulait (de plus de 1 m de long pour 2,5 cm de diamètre) fut projetée avec tant de force qu'elle perfora sa joue gauche et traversa l'avant du crâne et les lobes frontaux du cerveau de part en part. Phineas Gage fut soigné par le médecin local, John Harlow. Contre toute attente, il survécut à l'accident, ainsi qu'à l'infection qui s'ensuivit. Après sa convalescence, il paraissait tout à fait normal intellectuellement et physiquement (le visage mis à part bien sûr), à l'exception, notable, d'un changement marqué de personnalité. Gage, autrefois très apprécié socialement, devint irritable, irrespectueux et vulgaire, incapable de mener un quelconque projet à bien. Il eut une vie instable jusqu'à sa mort, douze ans plus tard. En 1994, les neuropsychologues Antonio et Hanna Damasio de l'université de l'Iowa tenteront de reconstruire la lésion de Gage par ordinateur à partir de son crâne et de la barre à mine conservés au Warren Medical Museum de l'université de Harvard. Selon cette estimation, la barre aurait traversé la région ventromédiane des lobes frontaux qui contient le cortex orbital. Les fonctions subtiles de cette région restent aujourd'hui encore difficiles à mesurer expérimentalement. Mais on s'accorde à lui attribuer un rôle dans le contrôle des émotions et dans la prise de décision. Relié à l'amygdale, le cortex orbital semble 'décider' des comportements les plus appropriés à chaque situation en fonction de leurs conséquences affectives et sociales à long terme.

*Lobe frontal

Situé dans chaque hémisphère du cerveau, il se compose d'une partie arrière réservée aux mouvements et à la parole et d'une partie préfrontale, elle-même subdivisée en une région latérale, importante pour la mémoire de travail, et une région ventrale (ou orbitale) impliquée dans les émotions.

*Lobe temporal

Situé dans chaque hémisphère du cerveau, il se compose d'une partie latérale, siège de la vision et de l'audition, et d'une partie médiane - siège de la mémoire et des émotions - qui contient l'amygdale à l'avant et l'hippocampe à l'arrière.

Pour en savoir plus

-A.R. Damasio, L'Erreur de Descartes, Odile Jacob, 1995.

-P. Buisseret (éd.), Mille cerveaux, mille mondes, Nathan/HER et Muséum national d'histoire naturelle, 1999.

-F. de Waal, De la réconciliation chez les primates, Flammarion 'Champs Flammarion Sciences', 2000.

Notes

(1) E. S. Valenstein, Great and Desperate Cures: The Rise and Decline of Psychosurgery and other Radical Treatments for Mental Illness, Basic Books Inc., New York, 1986.

(2) On utilise en français le terme amygdale (du grec, amande) à la fois pour la structure cérébrale (amygdala, en anglais) située au coeur du lobe temporal du cerveau en avant de l'hippocampe, et pour les organes situés dans la gorge (tonsils, en anglais) dont l'ablation chirurgicale très fréquente chez l'enfant n'a bien sûr aucune conséquence néfaste sur les émotions.

(3) J. LeDoux, The Emotional Brain, Simon & Schuster, 1996.

(4) M. Meunier et al., European Journal of Neurosciences, 11, 4403, 1999.

(5) L Cahill & J.L. McGaugh, Trends in Neuroscience, 21, 294, 1998.