

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : LA CONSTITUTION GENETIQUE DU CERVEAU HUMAIN.....	12
CHAPITRE PREMIER : LA THESE EVOLUTIONNISTE.....	13
1. Le darwinisme neuronal de Changeux.....	13
2. Les origines génétiques du cerveau humain	16
CHAPITRE II : L'HERITAGE BIOLOGIQUE ET SOCIOCULTUREL	20
1. La transmission génétique	20
2. La transmission socioculturelle.....	23
DEUXIEME PARTIE : L'EXPLICATION PHYSICO-CHIMIQUE DU MENTAL CHEZ	
CHANGEUX.....	27
CHAPITRE III : LE CERVEAU, RECEPTACLE DES FONCTIONS COGNITIVES.....	28
1. Anatomophysiologie du cerveau	28
2. Les thèses localisatrices	33
CHAPITRE IV : LE CERVEAU, UN RESEAU NEURONAL.....	40
1. La théorie psychoneurale de Changeux.....	40
2. Le mental, un processus de la machine cérébrale.....	45
TOISIEME PARTIE : ENJEUX ET CRITIQUES DE L'ŒUVRE.....	48
CHAPITRE V : PROBLEMES EPISTEMOLOGIQUES	49
1. La complexité du cerveau	49
2. Obstacles scientifiques	53
CHAPITRE VI : ENJEUX PHILOSOPHIQUES	58
1. La spécificité de l'humain.....	58
2. Un problème idéologique	61
CONCLUSION	65
BIBLIOGRAPHI	70

INTRODUCTION

Jean-Pierre Changeux est un neurobiologiste français connu pour ses recherches dans les domaines des neurosciences, de l'art, de l'éthique. Il est professeur au Collège de France et dirige le Laboratoire de neurobiologie moléculaire de l'Institut Pasteur. Fidèle à une conception moniste des rapports entre le mental et le cérébral, il montre que les résultats issus des neurosciences ainsi que les travaux récents sur les réseaux de neurones artificiels ou sur les dissections d'animaux, ont permis de découvrir que le cerveau est le lieu des combinaisons moléculaires, cellulaires et cognitives. Changeux est auteur et co-auteur de plusieurs articles et livres dont *L'Homme neuronal* publié en 1983 fait ici l'objet de notre réflexion. Cet ouvrage constitue en quelque sorte un résumé de ses cours dispensés au Collège. Ainsi, il définit l'objet de sa théorie neurobiologiste :

« Il s'agit de tenter d'établir une relation causale permanente entre structure et fonction, qui prenne en compte les niveaux d'organisation successifs de la matière chez les êtres vivants : du niveau le plus élémentaire, celui des atomes et des molécules, aux niveaux les plus élevés, qui se manifestent dans le cas du cerveau par la genèse de la pensée consciente »¹.

Par là, Changeux montre que l'appareil biologique est régi par une organisation relationnelle en plusieurs niveaux dont le plus élevé représente la sphère mentale. Il pose ainsi une relation causale entre structure du cerveau et fonction de la pensée. De ce fait, les états et phénomènes mentaux pourraient être étudiés dans une perspective purement connexionniste et que tout comportement ou toute représentation psychique pourrait s'expliquer, en dernière instance, matériellement, c'est-à-dire par le fonctionnement électrochimique des neurones. En d'autres termes, pour ce neurobiologiste, la pensée et ses corollaires tels que les sensations, les émotions, la mémoire, la conscience etc. sont le résultat d'interactions entre neurones qui véhiculent des impulsions électriques et des substances chimiques appelés « neurotransmetteurs ». De façon précise, un neurotransmetteur peut être défini comme une substance chimique intervenant dans la

¹ J.-P. Changeux, *Du vrai, du beau, du bien. Une nouvelle approche neuronale*, Paris, Odile Jacob, 2008, p. 479.

transmission du signal nerveux au niveau de la synapse chimique qui sert de jonction entre neurones, mais aussi entre neurones et d'autres catégories cellulaires. En effet, la connaissance du système nerveux et, partant, des facultés cognitives du cerveau ayant été depuis longtemps une affaire de quelques disciplines telles que la neurobiologie, la neurophysiologie, la neuropsychologie, la neuropsychiatrie, etc., Jean-Pierre Changeux pense que cette question est devenue de nos jours un thème pluridisciplinaire. Le cerveau ne peut plus être conçu comme une « boîte noire » dont on ignore les états internes. Voilà pourquoi, il exprime déjà dans la préface de *L'Homme neuronal* le vœu de partager ces connaissances nouvelles avec des lecteurs d'horizons divers et variés.

« Un nouveau monde se dessine, dit-il, et le moment paraît opportun d'ouvrir ce champ du savoir à un public plus large que celui des spécialistes et, si possible, de lui faire partager l'enthousiasme qui anime les chercheurs en ce domaine »².

Il s'agit de rendre accessible ces nouveaux développements scientifiques de façon claire à un large public. Cette large ouverture montre que la question de l'acquisition et de la représentation formelle des connaissances et des modes de raisonnement n'est pas du seul ressort du philosophe, de l'anthropologue, du neuroscientifique, de l'informaticien, du logicien, du linguiste, entre autres, mais intéresse désormais un public divers et varié. Cette réflexion sur la cognition est devenue donc une question centrale et transversale. Avec ce nouveau paradigme des « sciences cognitives », il ne s'agit plus d'expliquer les états et phénomènes mentaux sous une approche purement psychologique, introspective, mais d'étudier le cerveau, « siège de la pensée », avec la méthode expérimentale qui a permis à la science de découvrir les lois de la nature.

C'est dans ce sens que nous avons choisi de faire un commentaire analytique de ce célèbre ouvrage autour de la problématique de **La matérialité du mental dans *L'Homme neuronal* de Jean-Pierre Changeux**. En effet, parler de la matérialité du mental, c'est penser, comme le montre Changeux, que le psychisme, considéré comme une réalité

² J.-P. Changeux, *L'homme neuronal*, Paris, Fayard, 1983, p. 8.

spirituelle, immatérielle, a une base cérébrale et peut, par conséquent, être étudié avec les lois de la nature. Pour lui, « *l'identité entre états mentaux et états physiologiques ou physicochimiques du cerveau s'impose en toute légitimité* »³. Ce qui voudrait dire que l'activité mentale se résume à des propriétés physiologiques ou physicochimiques du cerveau dont il est possible de traiter avec les méthodes expérimentales en vigueur dans les sciences de la nature.

Si le cerveau est généralement défini comme l'organe-siège de la conscience, de la pensée, de la mémoire et du contrôle de toutes les fonctions de l'organisme, la question qui se pose alors serait de savoir si les états et phénomènes mentaux, présumés immatériels et spirituels, donc inintelligibles, peuvent être réellement expliqués par le fonctionnement des organisations neuronales, et définis comme des objets matériels du dispositif cérébral. En d'autres termes, comment le cerveau peut-il former des configurations neuronales dans ses circuits de cellules nerveuses et être à même de transformer ces configurations neuronales en configurations mentales qui constituent ainsi le niveau le plus élevé du phénomène biologique qu'est la pensée ?

Ainsi, pour exposer sa théorie neurobiologiste, Changeux recourt à la thèse de l'évolution en accordant un certain pouvoir aux gènes. En effet, il tente de découvrir les fonctions psychiques associées à chacun des niveaux d'organisation du cerveau, sans pour autant l'isoler de son environnement et de son histoire. D'inspiration darwinienne, il propose un schéma de variation-sélection qui instaure une sorte de « lutte pour l'existence entre les connexions neuronales ». Pour lui, les capacités d'exploitation et de représentation du système nerveux évoluent et s'élargissent de l'environnement physique et biologique à l'environnement social et culturel. En d'autres termes, les dispositions innées s'enrichissent désormais d'une flexibilité qui démultiplie les capacités du cerveau à comprendre le monde et, par ricochet, celles de l'homme à agir sur celui-ci, à créer une culture, à la propager et à la transmettre d'une génération à une autre. Tout cela montre clairement que pour étudier le cerveau de l'homme, il faudrait nécessairement prendre en compte son vécu environnemental et historique. D'ailleurs, dans *L'Homme neuronal*, il s'interroge sur l'origine réelle de nos dispositions cérébrales :

³ *Idem.*, p. 364.

« Un héritage culturel aussi fort a-t-il suffi pour imposer une épigénèse "à droite" ou, au contraire, la tradition n'a-t-elle fait que valider une disposition innée ? »⁴

Pour donner une réponse plus ou moins claire à cette question, il faudrait peut-être retracer les évolutions qui ont marqué le cerveau de l'homme. Ainsi, il apparaît qu'au cours de son développement, le cerveau a subi une évolution biologique qui va du singe à l'*Homo sapiens*, un progrès individuel ou épigénèse marqué par sa relation avec le monde extérieur et une évolution culturelle favorisée par les capacités d'instruction propres au cerveau l'humain.

En effet, grâce aux nouvelles techniques d'imagerie cérébrale telles que le scanner, l'électroencéphalographie, la magnétoencéphalographie, l'imagerie par résonnance magnétique fonctionnelle (IRMf), la topographie par émission de positrons (TEP), etc., qui ont de nos jours permis « ... d'explorer l'objet " système nerveux " (...) : d'en identifier les composants anatomiques, d'en définir les relations mutuelles, d'en décrire enfin l'organisation »⁵, il est bien possible d'expliquer comment le cerveau fonctionne quand son propriétaire pense, raisonne, éprouve un sentiment de plaisir ou de douleur, bref, exerce une activité mentale. Un phénomène mental tel que l'esprit n'est donc que le résultat des processus neurobiologiques se déroulant dans le cerveau et que l'on peut étudier sous une approche purement empirique, c'est-à-dire susceptible d'être analysée scientifiquement. Dès lors, l'on pourrait convenir avec Jean-Pierre Changeux que le cerveau est le support matériel du mental et celui-ci, un processus de la « machine cérébrale ». Voilà pourquoi, *L'Homme neuronal* constitue un développement de la thèse selon laquelle la pensée est la résultante d'interactions entre neurones qu'il est possible d'objectiver.

Il importe de rappeler que le programme de recherche sur le cerveau à travers le système nerveux dans lequel s'inscrit l'auteur de *L'Homme neuronal* est précisément de montrer que les états mentaux et psychologiques ne sont qu'une classe particulière des états physiques et physiologiques du cerveau. En d'autres termes, le projet de Changeux dans cet ouvrage est de développer un certain monisme matérialiste où le problème du

⁴ *Ibid.*, p. 313.

⁵ *Ibid.*, p. 56.

rapport entre le mental et le neural est réduit à sa seule dimension biologique. C'est en quelque sorte un rejet de l'idée selon laquelle il existerait un clivage entre le cérébral et le mental. Le problème est donc de comprendre comment les neurones s'assemblent, se connectent, interagissent dans le cerveau à travers le système nerveux central pour susciter des comportements, produire des états ou phénomènes mentaux tels que les sensations, les désirs, la conscience, etc. C'est dans ce sens que Changeux reconnaît la valeur des recherches menées jusque là sur l'intériorité. Il fait remarquer :

*« Les données déjà obtenues, bien que fragmentaires, suffisent pour nous permettre de conclure avec sécurité que tout comportement, toute sensation s'expliquent par la **mobilisation interne** d'un ensemble topologiquement défini de cellules nerveuses, un graphe qui lui est propre »⁶.*

Ce qui signifie en clair que les images mentales sont produites à partir du fonctionnement neuronal qui se déroule dans le système nerveux. De ce point de vue, l'on peut convenir avec Changeux que *« la matérialité des images mentales ne peut être mise en doute »*⁷. Ainsi, tout ce qui semblait relever du domaine du spirituel, du transcendant, de l'immatériel est en voie d'être matérialisé, naturalisé. Il en découle alors qu'un phénomène mental comme la conscience, par exemple, serait issu d'interactions entre neurones où l'influx nerveux emprunte un chemin qui serait en principe objectivable. Par conséquent, poursuit-il, *« l'homme n'a dès lors plus rien à faire de l' " Esprit ", il lui suffit d'être un Homme Neuronal »*⁸, c'est-à-dire un être dont toute l'organisation psychique est régie par le fonctionnement interconnecté des neurones. Dès lors, que reste-t-il finalement d'immatériel à l'homme ?

Pourtant, cette position radicalement matérialiste, qui assimile le mental au pur biologique ou au neural ne manque pas de poser un certain nombre de problèmes d'ordre

⁶ Ibid., p. 167.

⁷ Ibid., p. 176.

⁸ Ibid., p. 228.

épistémologique, philosophique, idéologique, existentiel et méthodologique. Car, au-delà de l'affirmation de la matérialité du mental, c'est l'humain qui est en question ; l'homme est en train d'être ravalé au rang d'automate ou encore de « robot métallique » pour reprendre les mots de Paul Mary Churchland, ce neurophilosophe canadien connu pour son matérialisme « éliminativiste ». Ainsi, la question est de savoir si l'activité spirituelle se réduit finalement à l'activité physico-chimique du cerveau ou encore si le cerveau peut être conçu sur le modèle d'une machine, c'est-à-dire comme un système computationnel de traitement d'informations ? Par là même, ne pourrait-on pas dire que la question est surtout éthique en ce sens que faire de l'esprit ou du psychisme un processus physico-chimique ou un emboîtement de fonctions neuronales, reviendrait peut-être à mécaniser l'homme ? Cela ne revient-il pas à nier ce qui fait le propre de l'homme, c'est-à-dire la liberté, et à porter ainsi atteinte à sa dignité ?

Dans notre étude de ce texte, il s'agira tout d'abord de voir avec Changeux l'évolution de la constitution génétique du cerveau humain en partant de l'ontogenèse – c'est-à-dire du développement embryonnaire au stade adulte, à la phylogenèse – autrement dit, l'évolution biologique de l'espèce humaine. Ensuite, nous tenterons d'analyser la thèse physico-chimique du mental développée dans *L'Homme neuronal*. Enfin, nous nous intéresserons aux limites et enjeux épistémologiques, philosophiques, éthiques, bref, idéologiques que suscite une telle conception matérialiste du mental. En d'autres termes, peut-on développer une théorie aussi mécaniste de notre mental sans porter un coup fatal à l'existence humaine ?

PREMIERE PARTIE : LA CONSTITUTION GENETIQUE DU CERVEAU HUMAIN

CHAPITRE PREMIER : LA THESE EVOLUTIONNISTE

1. Le darwinisme neuronal de Changeux

Jean-Pierre Changeux apparaît comme l'un des plus grands représentants du darwinisme neuronal ou darwinisme neural-mental. Celui-ci se présente comme une hypothèse de la pensée évolutionniste en neurosciences selon laquelle le processus de la connaissance s'effectue par sélection de groupes neuronaux. Ainsi, cette architecture neurale-mentale qui va des composantes moléculaires et cellulaires aux « objets mentaux » est régie par une forme d'organisation dans laquelle règne une certaine dépendance entre les niveaux inférieurs et supérieurs. Pour expliquer ce rapport d'interdépendance au sein des groupes neuronaux, Changeux met en exergue un schéma de variation-sélection analogue à celui proposé par Darwin à travers sa théorie de l'évolution. Rappelons que Darwin, à travers son célèbre ouvrage intitulé *L'Origine des espèces*, souligne l'importance de la « lutte pour l'existence ». En effet, il introduit le principe de la « sélection naturelle » comme mécanisme de « conservation des variations favorables et rejet des variations nuisibles ». D'inspiration darwinienne, Changeux soutient que l'évolution par variation et sélection peut s'appliquer au développement du cerveau d'une manière strictement épigénétique, sans entraîner aucune modification du génome. Un des avantages de cette thèse développée aussi par Gérard Maurice Edelman, directeur de l'institut de neuroscience à La Jolla en Californie, dans sa *Biologie de la conscience* sous le sous-titre de « darwinisme neuronal » est de permettre de mieux comprendre la variabilité épigénétique de notre organisation cérébrale. A ce titre, nous pouvons retenir l'idée de la sélection naturelle résumée dans *L'Homme neuronal* en ces termes :

« Pour qu'un système s'auto-organise, il va de soi qu'il ne saurait y avoir seulement de création de diversité. Une **sélection** pourra avoir lieu par la **comparaison** des objets mentaux entre eux, par leur entrée en résonance ou leur dissonance. »⁹

⁹ Ibid., p. 227-228.

L'idée de Changeux est que le système d'organisation interne des gènes du cerveau s'effectue à la fois à travers un générateur de diversité et un système de sélection. A un moment donné, des éléments mentaux se recombinent entre eux, varient de façon aléatoire, et élaborent des formes transitoires qui relèvent du niveau d'organisation supérieur. Il y a donc production de variations « darwiniennes » qui peuvent accéder transitoirement à ce niveau supérieur d'organisation. Ainsi, un mécanisme de sélection stabilise certains de ces états transitoires et engendre un niveau d'organisation plus élevé – celui de la pensée – où s'élaborent l'organisation des conduites, la planification des comportements, les intentions etc. Autrement dit, l'organisation génétique du cerveau caractérisée par un système de variation-sélection au niveau des assemblées de neurones lui confère des propriétés associatives qui favorisent des enchaînements et emboîtements à partir desquels émergeraient des fonctions mentales. Le mental serait donc le produit d'une activité combinatoire qui procède par stabilisation sélective du capital génétique.

Ainsi, c'est à partir de ces opérations qui se réalisent sous forme de système dans lequel apparaît une multitude de neurones divers et variés qu'émergent des états mentaux tels que la conscience. D'ailleurs, de l'avis de Changeux :

*« Ces enchaînements et emboîtements, ces " toiles d'araignée ", ce système de régulation fonctionneront **comme un tout**. Doit-on dire que la conscience " émerge " de tout cela ? Oui, si l'on prend le mot " émerger " au pied de la lettre, comme lorsqu'on dit que l'iceberg émerge de l'eau. Mais il nous suffit de dire que la conscience **est** ce système de régulations en fonctionnement »¹⁰.*

Il ressort donc de ce constat du neurobiologiste français qu'un état mental comme la conscience est un processus, une fonction du dispositif cérébral émanant de l'interconnexion entre les neurones. Il s'inscrit ainsi dans la perspective émergentiste selon laquelle les processus évolutifs sont compatibles avec l'apparition des formes mentales et organiques plus complexes qui émergent au cours de l'évolution. Ce qui implique qu'il existe des niveaux d'organisation distincts tels que la conscience qui se réduisent, par leur nature, aux états qui les produisent ou aux mécanismes causaux physicochimiques. De ce

¹⁰ *Ibid.*, p. 228.

point de vue, la conscience serait le résultat d'une interaction de neurones qui se déroule durant tous le processus de l'évolution des espèces.

Par conséquent, il ne faudrait pas alors se limiter seulement à l'étude du cerveau mais tenter aussi de comprendre le développement de l'espèce humaine en partant de la fécondation à l'âge adulte. C'est tout le sens de cette recommandation de Changeux selon laquelle, « *comprendre le cerveau ne suffit plus. Il faut y ajouter l'enchaînement, dans le temps, de tous les états successifs qui conduisent de l'œuf à l'adulte* »¹¹. Cela revient à dire que pour mieux comprendre l'organisation si embrouillée du système nerveux, il serait nécessaire de partir de l'évolution de générations de cellules vers cet organe très complexe qu'est le cerveau.

En effet, Changeux transpose le schéma darwinien de stabilisation sélective à l'interaction entre le système nerveux et le monde extérieur qui se déroule du stade du développement postnatal à l'âge adulte, c'est-à-dire lors de l'acquisition des fonctions cognitives supérieures. Ce développement cognitif favorisé par les relations de l'individu avec son environnement est décrit par l'auteur de *L'Homme neuronal* à travers ces lignes :

*« L'interaction avec l'environnement contribue désormais au déploiement d'une organisation neurale toujours plus complexe en dépit d'une mince évolution du patrimoine génétique. Cette structuration sélective de l'encéphale par l'environnement se renouvelle à chaque génération. Elle s'effectue dans des délais exceptionnellement brefs par rapport aux temps géologiques au cours desquels le génome évolue. L'épigenèse par stabilisation sélective économise du temps. Le darwinisme des synapses prend le relais du darwinisme des gènes »*¹².

Par là, Changeux montre que le contact de l'individu avec l'environnement a eu un résultat évolutif, c'est-à-dire qu'il a permis le passage de la constitution génétique au développement des capacités d'adaptation de l'encéphale. En d'autres termes, grâce à cette interaction, il y a eu une « poussée évolutive » qui partit des Australopithèques à l'homme moderne, en passant par l'*Homo habilis*, l'*Homo erectus* et l'*Homo sapiens*. Cette

¹¹ *Ibid.*, p. 250.

¹² *Ibid.*, p. 359.

progression consacre le développement de la pensée, de la conscience qui, jusqu'il y a peu, était considérée comme essentiellement humaine. Dès lors, nous assistons à l'accroissement des aptitudes à engendrer des objets mentaux et à les recombinaison, favorisant ainsi l'usage des fonctions d'expression de la pensée telles que le langage. En fait, cette question de l'évolution pourrait nous permettre de trancher le débat ancestral sur les origines de nos fonctions cérébrales.

2. Les origines génétiques du cerveau humain

L'universalité de l'homme et de son cerveau est à rechercher dans ses gènes. En effet, des recherches ont montré que le génome humain est extrêmement voisin de celui du singe. De ce point de vue, on pourrait dire que l'homme est la continuité de la lignée des hominidés, c'est-à-dire qu'il serait issu de la famille des primates fossiles et de ces récents ancêtres. Ce passage des ancêtres de l'homme à l'*Homo sapiens* s'est manifesté par un accroissement du cerveau. Seulement un petit nombre d'évènements génétiques est intervenu au cours de l'« hominisation ». D'ailleurs, selon le constat de Changeux :

*« Tout le monde s'accorde donc sur le fait que, sur le plan génétique, le chimpanzé et l'homme sont extrêmement proches. Cependant leur cerveau et surtout leurs fonctions cérébrales diffèrent sensiblement... »*¹³

Bien que le cerveau de l'homme, notamment ses fonctions cérébrales soient plus développées que celui des autres espèces, il y aurait une certaine homologie entre les chromosomes humains et ceux du singe considéré comme son ascendant le plus proche. Ainsi, grâce à la découverte de la structure de l'acide désoxyribonucléique (ADN), cette molécule, principal constituant des chromosomes, qui sert de support à l'information génétique et à sa transmission héréditaire, il est possible de déterminer l'épigenèse qui a conduit à la compréhension des bases génétiques du cerveau humain. Ce qui implique alors que pour mieux comprendre le fonctionnement de notre appareil cérébral, il serait nécessaire de connaître la composition de ce support matériel de l'hérédité qu'est l'ADN.

¹³ *Ibid.*, p. 337.

De ce point de vue, nous pouvons être d'accord avec Changeux sur l'importance de cette unité génétique dans la compréhension de la structure du cerveau. Pour lui :

« Comprendre le déterminisme génétique de l'organisation cérébrale passe par le déchiffrement de l'ADN et de son expression en protéines. Le neurobiologiste doit se convertir en biologiste moléculaire. Mais la génétique moléculaire du cerveau est encore dans les limbes »¹⁴.

De ce fait, l'ADN dont l'analyse aboutit à la découverte d'une molécule telle que l'acide ribonucléique (ARN) ou messenger, traduite en protéines, apparaît ici comme l'élément fondamental à partir duquel l'on pourrait avoir une idée claire de la structure génétique du cerveau. Il se révèle ainsi être le constituant principal des gènes, la molécule porteuse des caractères héréditaires. Il y a lieu alors, pour le chercheur en neurobiologie de s'imprégner des données de la biologie moléculaire puisque la connaissance de cet héritage génétique est une condition sine qua non de la compréhension du dispositif génétique à l'origine de l'organisation neuronale.

En effet, les bases de la génétique peuvent, à partir des lois de transmission de certains traits héréditaires, servir à expliquer et à comprendre l'« encéphalisation » et la croissance du cerveau humain. C'est ce que semble confirmer Changeux dans ces lignes :

« Cette continuité de l'évolution anatomique de l'encéphale s'accompagne d'une au moins égale continuité dans l'évolution du génome. Celui-ci varie même beaucoup moins que celui-là. Le paradoxe d'un accroissement de complexité cérébrale à stock de gènes constant trouve enfin un début d'explication »¹⁵.

A travers ce passage, l'auteur montre la concomitance qui existe entre l'évolution génétique et l'évolution cérébrale. Ce qui importe de noter ici est que le cerveau subit plus de changements que le génome mais apparaît comme un organe dont la structure neuronale est presque achevée avant la naissance. Malgré tout, en s'appuyant sur la

¹⁴ *Ibid.*, p. 243.

¹⁵ *Ibid.*, p. 358.

composition génétique, on pourrait rendre compte du fonctionnement du cerveau, cet élément très complexe du système nerveux.

En effet, les études menées sur le développement humain montrent bien que la division des neurones corticaux s'effectue avant la naissance de l'enfant. Ce qui signifie que le nombre de neurones est définitivement déterminé entre le stade embryonnaire et la formation du fœtus. Après la naissance, il n'y aurait peut-être plus de possibilité de récupération – à la suite d'une lésion cérébrale par exemple – encore moins d'augmentation du nombre de neurones qui, ne fait que diminuer, au contraire, jusqu'à la mort de l'individu. La quasi-totalité de la formation neuronale s'est déjà réalisée au stade prénatal. C'est d'ailleurs dans ce sens que nous pourrions comprendre cette idée de Changeux qui indique la période principale de constitution de la majorité des neurones. Il note :

« Bien avant la naissance, le nombre maximum de neurones corticaux est donc atteint. L'homme naît avec un cerveau dont le nombre de neurones ne fera que diminuer par la suite. [...] Les grandes lignes de la connectivité du cortex cérébral, chez le singe comme chez l'homme, se mettent en place avant la naissance »¹⁶.

Ce qu'il y a à retenir ici c'est l'idée selon laquelle la formation du dispositif neuronal est presque achevée avant la naissance de l'homme. De ce point de vue, nous pourrions dire que naturellement, les traits fondamentaux des connexions entre les organes de sens, le système nerveux central et les principales régions de l'encéphale sont déjà mis en place pendant la période de gestation. Ce qui montre que l'individu naît avec un dispositif biologique qui favoriserait l'émergence de fonctions cognitives, sensori-motrices, etc. C'est dire donc que le processus de mise en branle de la connaissance est déclenché depuis le stade embryonnaire et se poursuit pendant tout le développement, c'est-à-dire même après la naissance. C'est tout le sens de ce constat de Changeux :

« Toutes les fonctions sensorielles de l'adulte sont en place bien avant la naissance, et une activité spontanée s'y manifeste très tôt. Les performances ne sont pas encore

¹⁶ *Ibid.*, p. 264-266.

celles de l'adulte, mais des réponses évoquées apparaissent, se mêlent aux " rêves de l'embryon ", s'intensifient au cours des étapes du développement qui, nous le savons, se poursuivent après la naissance »¹⁷.

Ainsi, l'idée d'une participation de l'activité nerveuse spontanée à l'épigénèse des connexions de réseaux neuronaux, semble acceptable. Elle constitue un « mode d'interaction » entre les différents éléments qui participent au fonctionnement du système embryonnaire. A ce titre, nous pouvons dire que notre cerveau est doté d'une structure innée – contenue dans les gènes – qui explique nos capacités intellectuelles apparaissant à travers une fonction telle que le langage. Tout le capital génétique de l'individu est donc quasiment mis en place avant sa naissance. Mais, c'est essentiellement à l'âge adulte que se manifeste de façon réelle et visible le comportement purement intellectuel.

¹⁷ *Ibid.*, p. 296.

CHAPITRE II : L'HERITAGE BIOLOGIQUE ET SOCIOCULTUREL

1. La transmission génétique

L'information héréditaire se transmet des ascendants aux descendants au moyen d'unités biologiques discrètes appelées « gènes ». Ce sont des éléments de chromosomes par lesquels sont transmis les caractères héréditaires de l'individu. Il semble que ces unités biologiques exercent un certain pouvoir dans la spécification du cerveau humain et de ses capacités propres. En effet, il importe de noter qu'au cours de l'évolution, des mutations géniques diverses et variées interviennent dans la structure anatomique de l'encéphale. Pour Changeux, ces altérations héréditaires du génotype « *illustrent sans ambiguïté que les grands traits de l'anatomie de l'encéphale, comme la distribution des principaux types cellulaires, leur différenciation en catégories ainsi que la mise en place des principales connexions et voies qui les relient, varient à la suite d'une mutation génique et sont donc soumises au pouvoir des gènes* »¹⁸.

Il importe de noter ici que la structure anatomique du cerveau dépend du patrimoine génétique malgré la mutation circonstancielle des gènes au cours du développement cellulaire. Ce qui implique que le plus grand nombre de gènes reste invariable au cours de l'évolution. C'est ce que confirme Changeux à travers ces lignes :

*« La rareté de leur occurrence et leur tout aussi rare réversion font qu'au fil des générations, en général, la grande majorité des gènes se conservent sans modification. La stabilité du matériel héréditaire assure l'invariance des caractères de l'espèce, en particulier l'anatomie de son système nerveux »*¹⁹.

¹⁸ *Ibid.*, p. 234.

¹⁹ *Ibid.*, p. 235-236.

C'est donc l'invariabilité de la quasi-totalité des traits héréditaires qui garantit la permanence des caractères communs à chaque espèce, notamment la structure et la forme du système nerveux.

Ainsi, avec la découverte de l'ADN qui apparaît comme le principal élément de base de l'hérédité, il est possible de mieux déterminer notre appartenance génétique. De l'avis de Changeux :

« Depuis les expériences d'Avery, McLeod et de McCarthy (1944), on sait que le support matériel de l'hérédité est l'acide désoxyribonucléique ou ADN. Composé par l'enchaînement "de perles" ou nucléotides en deux fibres complémentaires elles-mêmes associées en double hélice, il est copié à l'identique lors de la division cellulaire et constitue, de ce fait, l' " invariant biologique fondamental " »²⁰.

Par là, il montre que l'ADN constitue le catalyseur essentiel de la génétique. En effet, c'est l'unité centrale de notre patrimoine biologique qui est et reste invariable durant tout le processus de formation des cellules. Il se présente ainsi comme la principale source à partir de laquelle nous pourrions mieux comprendre le patrimoine génétique qui a déterminé l'évolution du cerveau humain. L'ADN peut être donc considéré comme la mémoire, transmise de génération en génération et qui contient le code permettant la synthèse de ses protéines en temps, lieu et quantité requis.

En effet, l'étude biologique de ce patrimoine génétique montre qu'il y a une ressemblance constante au niveau des éléments qui caractérisent le génome humain. Ce qui veut dire autrement que l'espèce humaine possède des traits génétiques qui sont et restent invariables durant tout le processus du développement biologique. Ces empreintes communes à tous les êtres humains se transmettent par ascendance, c'est-à-dire que cet héritage se transfère non seulement des ancêtres aux descendants, mais aussi d'une génération à une autre. C'est ce processus de transmission de notre héritage génétique que retrace Changeux en ces termes :

²⁰ *Ibid.*, p. 242.

*« Ce développement, chez l'embryon puis chez le fœtus, se déroule en suivant un processus hautement reproductible d'un individu à l'autre et d'une génération à l'autre. Le pouvoir des gènes est évident. Les différences individuelles s'effacent devant la constance des traits majeurs de l'organisation cérébrale. Quels que soient l'ethnie, le climat ou l'environnement, l'autorité des gènes assure **l'unité du cerveau humain** au sein de l'espèce »²¹.*

Ce qu'il y a donc à retenir ici c'est que les déterminants génétiques qui permettent d'expliquer le génome humain et, par ricochet, l'organisation de l'appareil cérébral, se sont conservés au cours de l'évolution, c'est-à-dire des hominidés à l'homme. En effet, grâce au pouvoir des gènes, c'est-à-dire à l'influence du patrimoine génétique, il y a une certaine harmonie autour du cerveau de l'homme, et ce, malgré les disparités socioculturelles, climatiques ou environnementales. En d'autres termes, il y aurait une sorte de lutte pour le pouvoir entre les gènes et leur hôte qui pourrait être une cellule cérébrale. En fait, le concept signifierait qu'il n'y a pas de conflit car les gènes gagnent sans aucun combat. Voilà pourquoi on peut admettre que le pouvoir des gènes est donc réel et constant tout au long de l'évolution biologique.

2. La transmission socioculturelle

²¹ *Ibid.*, p. 271.

L'homme communique avec ses semblables à travers des moyens proprement humains dont l'évolution a été rendue possible par l'existence à la fois de prédispositions innées et de propriétés de plasticité épigénétique, caractéristiques du système nerveux en général et du cerveau en particulier. En effet, la conception innéiste d'un déterminisme génétique global conduirait à l'idée d'une évolution et d'une transmission des entités socioculturelles des ancêtres aux descendants et d'une génération à une autre. De ce point de vue, le cerveau considéré comme le réceptacle des objets mentaux renferme des aptitudes qui se transmettent au sein du genre humain, de génération en génération, sans être affectées par un quelconque changement. Les objets mentaux seraient donc selon le constat de Changeux l'héritage d'une tradition culturelle comme il le souligne à travers ces lignes :

« La capacité du cerveau à produire et combiner les objets mentaux, à les mettre en mémoire et à les communiquer, se déploie de manière fulgurante dans l'espèce humaine. Sous diverses formes codées, ces représentations mentales se propagent d'un individu à l'autre et se perpétuent, au fil des générations, sans requérir une quelconque mutation du matériel génétique »²².

C'est dire qu'il y aurait une sorte de marque constante qui apparaît et se propage entre les générations de la lignée de l'espèce humaine durant tout le long du processus de l'évolution de l'homme. Mais, si le cerveau est le lieu de gestation des objets mentaux, la question qui se pose dès lors serait de savoir comment cette « empreinte culturelle » s'installe-t-elle ? N'est-ce pas l'environnement socioculturel qui vient imprimer son « empreinte » sur le cerveau à l'image d'un sceau que l'on apposerait sur de la cire ?

Pour l'auteur de *L'Homme neuronal*, cette transmission s'effectue par le contact de l'individu avec le monde physique et socioculturel où il vit. Il la décrit comme suit :

« Cette empreinte du monde physique et socioculturel est stable pendant des années, voire pour la vie de l'individu. Elle se renouvelle d'une génération à l'autre et ce

²² *Ibid.*, p. 320 ;

réapprentissage introduit une contrainte temporelle importante dans l'évolution des conduites individuelles et, bien entendu, du milieu social »²³.

Il s'agit ici pour Changeux de montrer que la mise en place de l'empreinte culturelle s'est réalisée de façon pérenne au fil des générations par le biais de l'éducation qui est un moyen propre à assurer la formation et le développement socioculturels de l'être humain. L'interaction avec l'environnement contribue donc au développement de l'encéphale rendu possible par les exceptionnelles capacités d'apprentissage propres au cerveau humain.

Si l'aptitude principale du cerveau des vertébrés supérieurs est d'élaborer des représentations à la suite d'une interaction avec l'environnement, on ne pourrait donc vraiment comprendre l'homme que si l'on prend en compte à la fois son héritage biologique mais aussi culturel. Dès lors, on peut dire que les aptitudes à concevoir ou à produire des représentations fluctuantes que l'homme possède se sont construites au fil des générations par le biais de la connectivité des neurones due à l'empreinte du monde extérieur sur le cerveau. Ce pouvoir de représentation propre à l'homme conduit à une organisation interactionnelle entre l'appareil cérébral et les faits socioculturels comme le confirme Changeux en ces termes :

« La capacité de construire des représentations labiles "ouvre" l'organisation de l'encéphale à l'environnement social et culturel. Ces "Nouveaux Mondes" pourront désormais évoluer pour leur propre compte suivant des règles qui resteront néanmoins contraintes par les performances de l'organisation cérébrale »²⁴.

De ce point de vue, on comprend que l'image mentale ou la configuration neuronale représenterait au sein du cerveau d'une manière ou d'une autre et avec un certain degré de fidélité, le milieu social et culturel avec lequel elle est en relation. Le cerveau peut alors être considéré comme un système créatif dont les productions mentales ne sont rien d'autre que le reflet de ce qui se passe autour de lui de façon

²³ *Ibid.*, p. 367.

²⁴ *Ibid.*, p. 367.

interactive. Cette disposition des organismes vivants, de l'homme en particulier, à organiser le milieu paraît tout à fait réelle et ne nécessite pas l'invocation d'une quelconque finalité. La capacité de notre cerveau à assurer la survie des deux précieuses facultés – à savoir l'auto-organisation et l'organisation de notre environnement – paraît évidente. Ce qui fait de l'homme un être dont les capacités d'adaptation de son encéphale avec son milieu et l'efficacité de ses facultés mentales ne cessent de se développer considérablement au cours de l'évolution tant biologique que culturelle. Cet enrichissement des capacités cérébrales de l'homme a retenu l'attention de Changeux qui écrit :

*« Une des plus-values de la divergence évolutive qui mène à l'**Homo sapiens** est, bien entendu, l'élargissement des capacités d'adaptation de l'encéphale à son environnement, accompagné d'un manifeste accroissement des performances à engendrer des objets mentaux et à les recombinaison. La pensée se développe, la communication entre individus s'enrichit. Le lien social s'intensifie et, pendant la période qui suit la naissance, marque le cerveau de chaque sujet d'une empreinte originale et largement indélébile. A la différence des gènes se superpose une variabilité individuelle – épigénétique – de l'organisation des neurones et de leurs synapses. La singularité des neurones recoupe l'hétérogénéité des gènes et marque chaque encéphale des traits propres à l'environnement particulier dans lequel il s'est développé »²⁵.*

Ce qu'il s'agit de retenir ici c'est que ces dispositions sont transmises d'une génération à l'autre par des mécanismes neurobiologiques qui constituent une contrainte évidente de la biologie dans la transmission et dans l'évolution des normes sociales et culturelles. En effet, les représentations contiennent l'ensemble des informations dont nous avons été dotées à la naissance et des informations que nous avons acquises au cours de la vie. C'est pourquoi le développement neuronal de l'enfant après la naissance permet la mise en place de représentations culturelles dans le cerveau sous forme d'empreintes réutilisables plusieurs fois dans la vie de l'individu.

²⁵ *Ibid.*, p. 359-360.

Si l'évolution culturelle fait que certaines représentations sont transmises presque sans modifications d'une génération à l'autre, ne pourrait-on pas alors soutenir l'idée de l'existence d'une physiologie de l' « empreinte culturelle » qui permettrait ainsi de poser dans des termes nouveaux le problème de l'individuation et de l'unicité de chaque être humain ?

Pour autant, la tentative d'expliquer le mental dans les limites de la neurobiologie telle que le propose Changeux reste ouverte tant que nous n'avons pas épuisé ses ressources techniques et théoriques.

DEUXIEME PARTIE : L'EXPLICATION PHYSICO- CHIMIQUE DU MENTAL CHEZ CHANGEUX

CHAPITRE III : LE CERVEAU, RECEPTACLE DES FONCTIONS COGNITIVES

1. Anatomophysiologie du cerveau

Si « *depuis la Renaissance, observer l'encéphale, c'est d'abord en reproduire la forme par le dessin ou la photographie, et en nommer les parties* »²⁶, il semble évident que, pour bien comprendre les nombreux niveaux des fonctions cérébrales, il faut nécessairement procéder à une analyse précise de la cartographie du cerveau à différentes échelles. De ce fait, l'étude du système nerveux nous permet de voir que cet ensemble organique assurant, chez l'homme et les animaux, la transmission des informations entre l'encéphale, la moelle épinière et le reste du corps par l'intermédiaire des nerfs, se divise généralement sur le plan de la description anatomique en une partie centrale et une partie périphérique. Ainsi, constituant du système nerveux central, « *le cerveau est composé de substance "cendrée" ou grise et de substance blanche* »²⁷. La substance grise correspond essentiellement à des ensembles de corps cellulaires de neurones, tandis que la substance blanche correspond surtout à des ensembles de fibres nerveuses ou axones, lesquelles ont pour origine les corps cellulaires situés dans la matière grise. Celle-ci comporte le cortex cérébral, cette sorte de ruban gris qui enveloppe toute la surface des hémisphères cérébraux. Quant à la matière blanche, elle est formée de cellules nerveuses ou neurones.

De même, l'encéphale, considéré comme le composant principal du système nerveux central, pourrait être compris à travers cette description anatomique du peintre et graveur hollandais Rembrandt que nous donne Changeux :

« Dans sa **Leçon d'Anatomie**, Rembrandt fait apparaître sur la toile les hémisphères cérébraux du cadavre que dissèque le docteur Joan Deyman. La calotte crânienne enlevée (...), le spectateur découvre des masses grisâtres et circonvolutionnées, richement irriguées de vaisseaux sanguins. Sorti du crâne, cet ensemble de tissus ou "encéphale" se subdivise en trois grandes parties : en avant, les hémisphères

²⁶ *Ibid.*, p. 57.

²⁷ *Ibid.*, p. 35.

cérébraux, en arrière le cervelet, enfin le tronc cérébral qui relie ces deux parties à la moelle épinière »²⁸.

De façon globale, on peut retenir que le cerveau comprend trois principales parties qui sont les deux hémisphères cérébraux, le cervelet et le tronc cérébral. Le tronc cérébral qui, va du bulbe rachidien au thalamus, sert de liaison entre la moelle épinière et les hémisphères cérébraux et le cervelet qui, à leur tour, jouent, pour chacun, un rôle spécifique comme l'indique Changeux :

*« "Les **hémisphères** cérébraux établissent la différence la plus essentielle entre l'homme et les diverses espèces d'animaux". (...) Mais les **hémisphères** ne représentent, à ce stade de l'évolution, qu'une fraction mineure de l'encéphale : la paroi dorsale des deux ventricules antérieurs. (...) A partir de la paroi du ventricule moyen se différencie le thalamus, qui représente un relais essentiel de toutes les voies qui vont et viennent des hémisphères, ainsi que l'**hypothalamus**, (...). Enfin le **cervelet**, organe d'équilibration, s'attache à la paroi dorsale du ventricule postérieur ; c'est dans la partie antérieure de cette paroi que se trouvent les neurones aminergiques »²⁹.*

A la suite de cette description, Changeux montre que c'est surtout au niveau des hémisphères cérébraux que se situe la différence la plus remarquable entre le cerveau de l'homme et les autres espèces. Le développement considérable de l'écorce cérébrale de l'homme est la cause principale de cette différence. Le cerveau de l'homme reste plissé durant presque toute la période de son évolution alors que celui des animaux est lisse. De ces deux hémisphères, en dérivent le thalamus et l'hypothalamus qui jouent le rôle de centralisateur. Quant au cervelet, il apparaît comme un organe de l'encéphale qui assure la fonction de régulateur des mouvements musculaires du cerveau. Autrement dit, il coordonne les impulsions nerveuses et les ordres provenant du cerveau, les modifie et les réenvoie vers les neurones moteurs du cerveau et de la moelle épinière. C'est pourquoi

²⁸ *Ibid.*, p. 56-57.

²⁹ *Ibid.*, p. 62-63.

une lésion du cervelet entraîne l'ataxie qui est une perte de coordination musculaire qui rend les mouvements désordonnés.

Quant aux neurones, ils constituent les cellules fondamentales de l'activité cérébrale. Ils sont au nombre de plusieurs milliards dans le cerveau, organisés en circuits locaux. En fonction de leur disposition, ceux-ci sont appelés régions corticales ou noyaux. A leur niveau, les neurones pourraient être distingués en trois parties fondamentales : un corps cellulaire ou soma, un axone ou neurite qui est le prolongement principal par lequel est émis l'influx nerveux et des dendrites qui sont de petits prolongements à travers lesquels sont reçus les messages nerveux. Les neurones sont interconnectés par le biais des synapses qui se chargent de déclencher la libération de messages chimiques appelés neurotransmetteurs ou neuromédiateurs. Ainsi, avec la découverte des neurotransmetteurs, les neurones ne s'identifient plus seulement par leur forme ou leur activité électrique, mais par les substances chimiques qu'ils synthétisent et sécrètent par leurs terminaisons nerveuses au niveau des synapses. Cette catégorisation des neurones est présentée par Changeux en ces termes :

« On regroupera sous ce terme des neurones qui, dans un même centre, présentent la même forme du soma et des arborisations axonales et dendritiques. A ces critères morphologiques se sont récemment ajoutés des critères biochimiques tels que, par exemple, le type de neurotransmetteur synthétisé ou la réactivité de composants cellulaires vis-à-vis d'anticorps monospécifiques. Une catégorie de neurones se définira donc par la forme de la cellule, telle qu'elle apparaît par exemple après coloration de Golgi, ainsi que par le répertoire des molécules – essentiellement les protéines, mais aussi les lipides et les polysaccharides – qu'elle synthétise. Appartiendront donc à une même catégorie les neurones qui possèdent à la fois la même forme et la même composition chimique. Celle-ci se définira donc en principe par son répertoire, sa "carte" de gènes "ouverts", c'est-à-dire susceptibles d'être exprimés sous forme de protéines »³⁰.

³⁰ Ibid., p. 70.

A travers cette classification, on peut comprendre la spécificité des neurones en tant que cellules nerveuses. Un neurone se compose donc d'un corps cellulaire ou soma qui contient le noyau et des prolongements ou arborisations qui sont de deux types : les dendrites qui convergent vers le soma et l'axone unique qui en part. Ces connexions sont en effet produites par l'intermédiaire des neurotransmetteurs ou neuromédiateurs, ces molécules chimiques qui assurent la transmission d'informations d'un neurone à l'autre par le canal des synapses. Ainsi, la forme et la composition chimique constituent les seuls critères de distinction des catégories de neurones.

Par ailleurs, les neurones sont disposés en couches et forment ce que l'on appelle un cortex. Recouvrant les deux hémisphères, le cortex cérébral ou néocortex constitue la structure cérébrale à laquelle les neurosciences ont consacré le plus de travaux. Ainsi, il se définit généralement comme une couche de substance grise qui constitue la paroi des hémisphères cérébraux. Il se caractérise par son accroissement important chez les mammifères et l'homme en particulier. Ce développement du cortex s'effectue essentiellement au niveau de sa surface, entraînant de façon corrélative une augmentation du nombre de neurones. C'est ce que précise Changeux à travers ces lignes :

*« Il va de soit que cet accroissement de surface s'accompagne **ipso facto** d'une augmentation du nombre **total** de neurones. Celui-ci peut désormais être estimé facilement. Les résultats de Powell donnent environ 146000 neurones par millimètre carré de surface corticale, quelle que soit l'espèce de mammifère considérée. Le cortex cérébral humain occupe pour les deux hémisphères environ 22 dm², il contient donc **au moins** trente milliards de neurones (ce qui est plus que les dix ou vingt milliards proposés jusqu'alors). (...) Comme les mêmes catégories cellulaires se retrouvent dans le cortex, des mammifères primitifs à l'homme, il s'ensuit un accroissement considérable du nombre de neurones au sein d'une même catégorie »³¹.*

Ce qu'il faut retenir ici c'est la progression parallèle de la surface du cortex cérébral et du nombre de neurones. Ce qui justifie le nombre très élevé de neurones contenus dans cette partie du cerveau. Ces neurones corticaux s'interconnectent selon un système de

³¹ *Ibid.*, p. 72.

câblage commun à l'ensemble du cortex. En effet, ces nombreux neurones corticaux sont disposés sous forme de modules. Cette organisation corticale a conduit à l'idée d'une spécialisation fonctionnelle des aires du cerveau soutenue par les tenants des localisations cérébrales. Pour Changeux, des expériences faites sur cette partie du cerveau montrent bien que les neurones corticaux se constitueraient en modules. Le passage suivant illustre bien son point de vue :

« Le premier modèle simple du cortex auquel on pense est celui qui vient d'être mentionné : une organisation en "modules". Suivant ce modèle, le cortex serait formé d'unités répétées, géométriquement définies. Les premières explorations physiologiques du cortex suggéraient une organisation de ce type »³².

On retiendra de ce constat de Changeux que la connectivité corticale constitue l'un des tout premiers modèles de spécialisation fonctionnelle découvert à travers l'étude du système nerveux centrale. Ainsi, l'idée de l'existence de centres moteurs corticaux ne cesse de s'affirmer. Les explorateurs du cerveau décrivent, à présent, des cartes de plus en plus précises de la spécialisation fonctionnelle de la machine cérébrale. Cela vient corroborer les thèses des localisations cérébrales développées de nos jours par un bon nombre de spécialistes des neurosciences.

2. Les thèses localisatrices

³² *Ibid.*, p. 82.

La localisation cérébrale est l'attribution d'une fonction à une région particulière du cerveau. En effet, de l'antiquité à l'avènement des neurosciences, les chercheurs ont tenté de répartir les différents aspects du mental dans les divers territoires du cerveau. C'est ainsi que le cerveau est considéré comme un organe composé de différentes parties, régions ou encore aires spécialisées correspondantes à des fonctions telles que le langage, la perception, la conscience, l'apprentissage, le raisonnement, la mémoire, etc. Ces régions cérébrales spécifiques apparaissent comme des divisions du cerveau en fonctions spécialisées, c'est-à-dire en sous-systèmes ou modules. Cette « modularité » de l'esprit a permis de faire des progrès considérables dans la compréhension des états et phénomènes mentaux. C'est donc cette partition du cerveau que note Changeux à travers ces propos :

« Au fil de l'histoire, des doctrines localisationnistes et divisionnistes ont conduit et conduisent encore aux découvertes les plus radicales et possèdent sans aucun doute une valeur de progrès »³³.

L'idée à retenir ici est que les recherches sur le cerveau ont abouti à la découverte de plusieurs territoires cérébraux dont chacune des fonctions cognitives occupe une aire qui lui est spécifique. Ce qui sans doute aurait permis d'avancer profondément dans la façon de concevoir l'esprit humain.

Ainsi, la théorie de la localisation cérébrale des fonctions mentales a eu pour conséquence la remise en cause de l'esprit en tant qu'entité globale. Avec le renouveau de l'anatomie, on s'est rendu compte que l'esprit, pour devenir accessible aux études expérimentales et anatomiques, devrait d'abord être segmenté en plusieurs sous-fonctions.

Historiquement, les premières recherches portaient sur le rôle du cerveau dans le contrôle de l'organisme. Déjà, dans les manuscrits de l'Égypte ancienne, on pouvait retrouver les premiers fragments relatifs au cerveau. Bien que fragmentaires et susceptibles d'être erronées, les données issues des papyrus égyptiens constituent les premières informations sur la relation du cerveau avec le reste de l'organisme. C'est ce que semble leur concéder Changeux à travers ces propos :

³³ *Ibid.*, p. 51.

« Il n'en reste pas moins vrai que, malgré quelques erreurs, ce papyrus constitue le premier document connu où le rôle du cerveau dans la commande du mouvement de membres ou d'organes situés dans le corps à grande distance de lui est établi »³⁴.

Pour Changeux, les anciens Egyptiens furent bien les précurseurs de la théorie de la localisation cérébrale. Mais, leur erreur consistait à localiser la pensée et les sentiments non dans le cerveau ou l'encéphale, mais plutôt dans le cœur. Cette idée qui a longtemps perduré a fait du cœur, à tort, le symbole de l'amour et des sentiments.

Au fait, c'est surtout avec les anciens Grecs que la pensée, l'intelligence, les sensations, les sentiments ont commencé à être localisés dans le cerveau. Parmi eux, Démocrite apparaît comme celui qui a développé les idées les plus proches des véritables thèses localisatrices contemporaines. Ainsi, parlant de la thèse de Démocrite sur la localisation cérébrale des phénomènes psychiques, Changeux écrit :

« Ces atomes "psychiques", pour lui, étaient répandus dans le corps tout entier. Mais il écrit : "le cerveau surveille comme une sentinelle l'extrémité supérieure, citadelle du corps, confiée à sa garde protectrice", et, plus loin : "le cerveau gardien de la pensée ou de l'intelligence", contient les principaux "liens de l'âme" »³⁵.

A travers cette thèse de Démocrite, Changeux montre que l'idée selon laquelle le cerveau est le siège de la pensée aurait une origine très ancienne. En effet, c'est la lancinante question de la philosophie ancienne sur le rapport entre l'âme et le corps qui a donné naissance à toutes ces tentatives de localisation des fonctions mentales. Du reste, avec la médecine hippocratique et la théorie des « Trois âmes » développée par Platon dans le *Timée*, l'on a constaté des progrès remarquables dans le domaine de la localisation cérébrale. C'est ce que semble confirmer l'auteur de *L'Homme neuronale* dans cette phrase :

³⁴ *Ibid.*, p. 14.

³⁵ *Ibid.*, p. 15.

« Avec Platon et les hippocratistes, se trouve désormais formulée de manière explicite la thèse "céphalocentriste" suivant laquelle la pensée siège dans le cerveau de l'homme »³⁶.

Nous avons donc aujourd'hui de bonnes raisons de croire que les choses concernant la vie mentale ont lieu dans le cerveau. L'idée selon laquelle le cerveau serait le centre à partir duquel se produisent, se combinent et émergent les états et phénomènes mentaux daterait des premiers penseurs de l'Égypte ancienne ou de La Grèce antique. Mais, il a fallu attendre la Renaissance avec les études anatomiques et l'Âge classique, avec les corrélations anatomo-cliniques pour commencer à obtenir des indications précises sur la structure du cerveau.

C'est dans la même perspective que le XVII^e siècle va constituer avec l'hypothèse de la glande pinéale de Descartes, le paradigme principal de la localisation cérébrale. Changeux n'a d'ailleurs pas manqué de louer la tentative localisatrice de l'auteur des *Passions de l'âme* qui aboutit à la découverte de la glande pinéale comme lieu de jonction entre le corps et l'âme. Il écrit :

« Esprit rationnel plus qu'anatomiste, Descartes s'en tire avec la glande pinéale qui a pour vertu primordiale d'être unique, car "les autres parties de notre cerveau sont doubles et nous n'avons pas qu'une seule pensée d'une même chose en même temps". A son niveau, l'âme unique se joint au corps. Là, elle règle la circulation des esprits animaux »³⁷.

Ainsi, avec cette démonstration encéphalocentriste, Descartes constitue en quelque sorte la référence classique autour de laquelle est bâtie la majeure partie des thèses localisatrices. C'est avec lui que la question de l'union de l'âme et du corps est élevée à un niveau jusque là considérable. Pour lui, même si l'âme est présente en chaque partie du corps, il y a tout de même une partie de celui-ci qui se trouve dans la partie la plus intérieure du cerveau où l'âme exerce le plus intensément ses fonctions. Cette partie n'est,

³⁶ *Ibid.*, p. 16.

³⁷ *Ibid.*, p. 22-23.

d'après l'auteur des *Passions de l'âme*, rien d'autre que la glande pinéale qu'il présente comme le point de rencontre, de jonction entre la substance pensante et la substance étendue. Bien que variant sur cette question, un bon nombre d'auteurs contemporains vont s'adosser sur sa thèse localisatrice pour développer leur théorie de localisation cérébrale. C'est ainsi que Thomas Willis qui est considéré comme le premier à relier l'intelligence au cortex cérébral et à son plissement, va expérimenter une théorie plus ou moins proche de la thèse cartésienne. Comparant les thèses de Willis et de Descartes, Changeux écrit :

« Nous sommes très près des conceptions actuelles sur les rôles respectifs des substances grise et blanche dans la production et dans la conduction de l'influx nerveux. Toutefois, comme Descartes et peut-être pour s'attirer les grâces du puissant évêque de Canterbury, il accepte encore l'idée d'une âme raisonnable, propre à l'homme et immatérielle, qu'il place au-delà de la pointe de son scalpel. Alors que Descartes l'unissait au corps par la glande pinéale, Willis fait jouer ce rôle aux corps striés. (...) La tentative d'un Descartes ou d'un Willis d'insérer l'âme en un point précis du cerveau est, sans aucun doute, localisationniste »³⁸.

Il apparaît donc clairement que ces raisonnements classiques sont proches des thèses localisationnistes développées aujourd'hui dans les neurosciences. Car, la thèse sur l'immatérialité de l'âme serait battue en brèche au profit de l'atomisme grec qui semble s'apparenter le plus aux expériences anatomiques connues de nos jours.

C'est ainsi qu'au XIX^e siècle des médecins anatomistes comme Franz Josef Gall, Paul Broca, entre autres, vont s'illustrer et jeter les bases de la localisation cérébrale. Le premier, en l'occurrence Gall, considéré comme le père des localisations cérébrales, est surtout connu pour ses travaux sur la phrénologie ou analyse des facultés de l'esprit d'après les formes des bosses du crâne. En spécialiste de médecine anatomique, Gall a pu découvrir, grâce à ses nombreuses opérations de dissection, la position du cortex cérébral au niveau de l'encéphale. La particularité de ses investigations réside dans le fait qu'il étudie les fonctions cérébrales dans une perspective purement expérimentale, écartant

³⁸ *Ibid.*, p. 23-24.

complètement la méthode introspective propre au dualisme. Ainsi, commentant la démarche gallienne, Changeux écrit :

« Son propos est d'analyser les fonctions du cerveau et de les y localiser sans faire appel à la démarche introspective. Il faut abandonner la philosophie spéculative et s'attaquer aux facultés mentales en naturaliste et en physiologiste. Gall se dégage donc des grandes subdivisions innées de l'âme rationnelle, avancées par Platon ou Galien, et bien entendu du dualisme de Descartes »³⁹.

De ce fait, il faudrait retenir que la démarche localisatrice de Gall est essentiellement fondée sur la méthode expérimentale propre aux sciences de la nature. Dès lors, il se démarque de la méthode introspective qui n'est qu'une simple lecture de l'intériorité du sujet en lui et par lui-même. Car, cette méthode d'investigation des facultés mentales qui a régné de l'Antiquité à la Renaissance, ne permet pas jusque là de localiser de façon purement scientifique les fonctions cérébrales.

Grâce à la crânioscopie ou palpation du crâne appliquée sur des individus ayant des comportements différents et particuliers, Gall est plus ou moins parvenu à localiser certaines facultés mentales dans le cerveau. Cette démarche est ainsi décrite par Changeux :

« Gall collectionne des crânes de criminels ou de malades mentaux, des bustes d'hommes célèbres. A partir de leur examen approfondi, il établit une carte des emplacements osseux correspondant aux penchants et facultés particulièrement exacerbés chez l'un ou l'autre de ses sujets. Chance ou intuition profonde, Gall situe mémoire des mots et sens du langage dans les régions frontales proches de leur localisation reconnue actuellement »⁴⁰.

On pourrait alors dire que Gall, malgré les nombreuses critiques qui lui ont été adressées, fut le précurseur des localisations des fonctions mentales (comme le langage)

³⁹ *Ibid.*, p. 26.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 27.

telles que nous les connaissons aujourd'hui. Sa théorie est donc utile car elle a provoqué des études plus objectives dans le domaine des neurosciences. Mais, c'est à Broca que revient le mérite d'avoir localisé de façon précise la zone cérébrale de production du langage avec ce qu'il est ainsi convenu d'appeler aujourd'hui « l'aire de Broca ». Il fut le premier à mettre au jour l'existence d'une aire cérébrale qui serait la zone d'élaboration ou de production du langage. En effet, Broca, en faisant correspondre un trouble du langage à une région particulière de l'hémisphère gauche, a révolutionné la question des localisations cérébrales en l'appliquant, avec précision, à une fonction spécifiquement humaine. L'autopsie effectuée le 18 avril 1861 sur le cerveau du malade Leborgne lui valut un succès sans précédent. Suivons le récit que nous livre Changeux à propos de cette expérience :

*« Ce jour-là, il présente devant la Société d'Anthropologie de Paris le cas de Leborgne, dont il a fait la veille l'autopsie. Le malade avait été admis, vingt et un ans plus tôt, à l'hospice de Bicêtre, peu après avoir perdu l'usage de la parole. Il s'exprimait par geste, semblait avoir toute son intelligence, mais ne savait prononcer qu'une seule syllabe **tan, tan**, qui lui valut ce surnom. L'examen **post mortem** de son cerveau révèle une lésion dont le foyer principal se situe à la partie moyenne du lobe frontal de l'hémisphère **gauche** »⁴¹.*

Ainsi, on constate que c'est après que la région arrière inférieure du lobe frontale appelée maintenant « aire de Broca » a subi des préjudices, que le malade Leborgne est atteint d'aphasie. On pourrait donc convenir avec l'auteur de *L'Homme neuronal* que c'est la lésion du lobe frontal gauche qui est à l'origine de cette perte de la parole ou de la compréhension du langage. Ce qui implique que cette partie du cerveau est la zone de construction du langage. Des années plus tard, les techniques d'imagerie cérébrale en apportent la confirmation, appuyant les thèses localisatrices. En effet, le développement des techniques d'observation du cerveau, comme l'électroencéphalographie qui permet d'enregistrer l'activité électrique des neurones, l'examen par scanner des lésions cérébrales des patients vivants, et depuis peu l'imagerie cérébrale en pleine activité, ont beaucoup renforcé l'intérêt pour l'approche localisatrice. Ces méthodes ont permis de

⁴¹ *Ibid.*, p. 32.

visualiser et de comprendre véritablement des variations de l'activité cérébrale lorsque le cerveau exécute une tâche. De plus en plus, l'on découvre que certains territoires de notre encéphale sont plus spécialisés dans tel ou tel type de représentation.

CHAPITRE IV : LE CERVEAU, UN RESEAU NEURONAL

1. La théorie psychoneurale de Changeux

Après l'échec, le désaveu de la méthode introspective au motif qu'elle est une approche entièrement axée sur la singularité, la subjectivité, la réflexivité, donc incapable de fournir une explication purement scientifique du moi, des approches matérialistes telles que le behaviorisme se positionnent. Pour les behavioristes, avec comme chef de file John Broadus Watson, les états mentaux sont des dispositions aux comportements, c'est-à-dire que l'esprit et ses corollaires n'existeraient que par les comportements qui les traduisent et les manifestent par des propriétés dispositionnelles physiques. Leur ambition est donc d'éliminer tout ce qui relève de la subjectivité de leur investigation scientifique. C'est ainsi que Changeux définit l'objet du behaviorisme :

« Soucieux de bannir le subjectif de l'observation scientifique, le behaviorisme ne prit en considération que les relations "externes" pouvant exister entre la variation du milieu, ou stimulus, et la réponse motrice déclenchée. Il suffit de connaître ces règles pour expliquer une conduite »⁴².

Le behaviorisme se veut ainsi une approche scientifique dans la mesure où les comportements auxquels l'on se réfère et qui sont en relation avec l'environnement devront être observables et quantifiables. Pour les tenants de cette théorie, il n'y a plus question de recourir à l'intériorité pour expliquer le comportement. Ils étudient les réponses à des stimuli sans s'occuper des états mentaux internes et considèrent le psychisme comme une « boîte noire ». Ce qui veut dire que pour connaître la réalité mentale, on ne doit plus donc s'intéresser à la « boîte crânienne », mais aux *stimuli* venant de l'extérieur.

Mais avec l'avènement des neurosciences, on assiste à une nouvelle manière de concevoir le rapport entre le cérébral et le mental. L'idée directrice de ces nouvelles

⁴² *Ibid.* p. 133.

disciplines scientifiques est que le mental peut bien être expliqué à travers l'organisation cérébrale ou neuronale qui en est sa base physique. En d'autres termes, pour les neuroscientifiques, les états mentaux constituent une partie intégrante du mécanisme physico-chimique du cerveau. C'est ce que réaffirme Changeux en ces termes :

*« Le développement des Neurosciences impose désormais une autre manière de voir qui se trouve dans le droit fil de la tradition de Gall et de Broca. Le contenu en neurones de la boîte noire ne peut plus être négligé. Au contraire, tout comportement **mobilise** des ensembles définis de cellules nerveuses et c'est à leur niveau que doit être recherchée l'explication des conduites et des comportements »⁴³.*

Ainsi, on voit que la réduction des états mentaux aux états du cerveau constitue un modèle des relations entre la philosophie et les neurosciences. En effet, les théories localisatrices de Gall et de Broca ont ouvert la voie à la connaissance du cerveau telle que nous le montrent aujourd'hui les découvertes neuroscientifiques. Contrairement au behaviorisme qui se contente d'étudier les comportements en termes de réaction à des stimuli, les neurosciences ont l'ambition d'offrir une théorie de ce qui se passe à l'intérieur du cerveau – organe doté de capacités cognitives – quand celui-ci réalise un comportement mental. En d'autres termes, ces disciplines scientifiques qui ont trait au système nerveux cherchent, pour ainsi dire, à ouvrir la « boîte noire ». Par analogie, la boîte noire désignerait, cet appareil central qui enregistre les informations liées au vol et dont l'analyse permet de déterminer les causes d'un incident ou d'un accident d'avion. De la même façon que cet appareil constitue la principale source d'accès à l'information, le dispositif neuronal ou le cerveau, siège de la pensée, apparaît comme étant l'organe à partir duquel l'on doit expliquer les comportements qui ne sont rien d'autre que des états mentaux extériorisés.

Toutes ces recherches sur le cerveau ont montré que l'appareil cérébral constitue la partie corporelle à partir de laquelle nous pourrions trouver une explication précise de notre vie intérieure. Voilà pourquoi la prétention d'étudier et de comprendre ce qui se passe à l'intérieur de cette « boîte noire » ne cesse de s'accroître en intéressant un très

⁴³ *Ibid.* p. 133-134.

large public pluridisciplinaire. En sa qualité de neurobiologiste, Changeux ne sera pas en reste. Pour lui, les conduites et comportements humains peuvent dorénavant être expliqués à partir d'une approche purement neurologique. La théorie développée dans *L'Homme neuronal* peut donc être mise en œuvre. A ce propos, il écrit :

*« Cet ensemble d'observations et de réflexions conduit non seulement à prendre en compte les mécanismes internes du comportement, mais à adopter vis-à-vis d'eux un point de vue déterministe. Rien ne s'oppose plus désormais, sur le plan théorique, à ce que les conduites de l'homme soient décrites en termes d'activités neuronales. Il est grand temps que l'**Homme Neuronal** entre en scène »⁴⁴.*

Par conséquent, l'examen des rapports entre le neural et le mental obéit en quelque sorte au principe de causalité. De ce fait, il semble bien possible que le mental puisse être expliqué à travers la structure cérébrale, c'est-à-dire en termes d'organisations physico-chimiques ou neurologiques. Ce qui sous-entend qu'il y aurait une certaine identité physico-mentale comme le confirme Changeux en ces termes :

*« **L'objet mental** est identifié à l'état physique créé par l'entrée en activité (électrique et chimique), **corrélée et transitoire**, d'une large population ou "assemblée" de neurones distribués au niveau de plusieurs aires corticales définies »⁴⁵.*

A travers cette identité, Changeux exprime la possibilité de corréler les comptes rendus en première personne de notre vie intérieure à ce que l'on pourrait appeler les « comportements neuronaux intra-crâniens », découverts par des méthodes d'exploration fonctionnelle cérébrale. En d'autres termes, l'auteur montre qu'il est bien possible d'expliquer les états et phénomènes mentaux d'un individu en explorant son dispositif physico-chimique neuronal ou cérébral. Ce qui autorise à établir une certaine relation causale entre les comportements spécifiques ou les processus mentaux subjectifs et des interactions neurales objectives qui peuvent être mises à l'épreuve expérimentalement.

⁴⁴ *Ibid.* p. 169.

⁴⁵ *Ibid.* p. 186.

Dès lors, l'on pourrait remettre en question la thèse classique du dualisme qui sépare de façon radicale le mental du cérébral. Car, de l'avis de l'auteur de *L'Homme neuronal*, il est bien possible d'établir une jonction entre ces deux entités. D'ailleurs, à l'entame du sous-chapitre intitulé la « Substance de l'esprit », il écrit :

« Le propos (...) – détruire les barrières qui séparent le neural du mental et construire une passerelle, aussi fragile soit-elle, permettant de passer de l'un à l'autre –, (...) Il se fonde sur l'identification d'unités mentales à des états d'activités physiques d'ensembles de neurones »⁴⁶.

On voit donc que l'objectif de Changeux consiste à établir une étroite relation permettant de corréliser des propriétés mentales à des propriétés physiques du cerveau. De ce fait, ces deux réalités interactives, c'est-à-dire le neural et le mental, ne doivent plus être étudiées en termes dualistes mais plutôt comme une seule et unique entité agissant de façon systémique comme le montrent les différentes cartographies du cerveau, obtenues grâce aux nouvelles techniques d'imagerie.

En effet, l'application des méthodes d'imagerie cérébrale, avec des résultats prometteurs, permet d'avancer considérablement dans l'étude et la compréhension du cerveau, cet organe extrêmement complexe supposé être le siège de la pensée. Malgré cette complexité énigmatique du cerveau, l'on commence à dévoiler de plus en plus, avec les techniques déjà disponibles, certaines zones d'ombre de notre structure cérébrale. Appréciant les résultats obtenus grâce à une technique comme la caméra à positrons, Changeux écrit :

« Bien que l'on soit encore loin de disposer de techniques qui permettent de répertorier les assemblées de neurones mises à contribution par un objet mental particulier, la caméra à positrons offre déjà la possibilité de les "entrevoir" à travers la paroi du crâne. L'identification d'événements mentaux à des événements physiques ne se présente donc en aucun cas comme une prise de position idéologique, mais

⁴⁶ *Ibid.*, p. 226.

simplement comme l'hypothèse de travail la plus raisonnable et surtout la plus fructueuse »⁴⁷.

On peut donc convenir avec Changeux que des avancées remarquables ont été réalisées dans la connaissance du cerveau. Ce qui implique que les techniques mises en place pour étudier le fonctionnement de l'appareil cérébral ont permis de lever le voile sur certaines questions considérées jusque là comme inaccessibles. Désormais, la question de l'identité entre les états, phénomènes ou processus mentaux et les états, phénomènes et processus cérébraux ne doit plus être théorique, spéculative, mais doit être une hypothèse valide que l'on pourrait prouver à travers des expériences concrètes. Réaffirmant cette identité psychoneurale, Changeux poursuit :

« Les possibilités combinatoires liées au nombre et à la diversité des connexions du cerveau de l'homme paraissent effectivement suffisantes pour rendre compte des capacités humaines. Le clivage entre activités mentales et neuronales ne se justifie pas. (...) L'identité entre états mentaux et états physiologiques du cerveau s'impose en toute légitimité »⁴⁸.

Ainsi, pour Changeux, spécialiste de la neurobiologie, les nombreuses et diverses interconnexions neuronales peuvent bien permettre de rendre compte de façon satisfaisante notre activité mentale qui se traduit à travers les conduites et comportements humains. De ce point de vue, l'on pourrait donc remettre en cause les vieilles divisions ontologiques entre la substance pensante et la substance étendue ainsi que les formulations traditionnelles des problèmes liés à la nature de l'esprit. Celui-ci est désormais considéré comme un état physiologique du cerveau. Il n'y a donc plus d'un côté le mental et de l'autre le cérébral mais une seule et unique entité, c'est-à-dire la matière cérébrale d'où s'origine et émerge la pensée. Le mental apparaît alors comme un processus de la machine cérébrale.

2. Le mental, un processus de la machine cérébrale

⁴⁷ *Ibid.*, p. 363.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 364.

Le cognitivisme a exercé une influence remarquable sur la formation des idées actuelles concernant le cerveau. Ce programme qui constitue le paradigme classique des sciences cognitives postule l'idée selon laquelle la cognition est un « traitement d'information », c'est-à-dire une manipulation de symboles obéissant à un ensemble de règles formelles. D'inspiration cognitiviste, les neurobiologistes n'envisagent pas d'étudier le fonctionnement des structures cérébrales de façon isolée, mais cherchent plutôt à expliquer le fonctionnement ordonné du cerveau dans son ensemble, en réseaux interconnectés, notamment lors de l'interaction collective et simultanée entre les récepteurs, les synapses, les neurones, etc. Cela suppose que le cerveau apparaît comme une « machine cérébrale » qui se présente sous forme d'un ensemble de réseaux distribués dans un programme informatique, à travers des interconnexions dont le nombre et la structure des connexions varient avec l'expérience. Toutefois, le cerveau ne fonctionne pas comme une machine traitant passivement des informations mais présente une capacité d'auto-organisation, d'auto-modification qui lui permet de se représenter le monde par la pensée. C'est cette autonomie d'organisation cérébrale que souligne Changeux à travers ces propos :

*« Il est évident que le cerveau de l'homme est capable de développer des stratégies de façon autonome. Anticipant les événements à venir, il construit ses propres programmes. Cette faculté d'**auto-organisation** constitue un des traits les plus saillants de la machine cérébrale humaine, dont le produit suprême est la pensée »⁴⁹.*

Pour Changeux, ce qui constitue la principale activité propre au cerveau de l'homme, c'est son système d'auto-organisation. Grâce à cette capacité de production et de gestion de ses propres éléments, la machine cérébrale parvient à s'organiser en système dont le fonctionnement engendre des fonctions supérieures telles que les états mentaux. Ce qui voudrait dire autrement que, contrairement à la machine artificielle qui ne fait qu'exécuter des programmes dont elle n'est pas la conceptrice mais la réceptrice passive, le cerveau de l'homme, lui, conçoit ses propres programmes et les exécute de façon autonome. A la

⁴⁹ *Ibid.*, p. 172.

différence de l'ordinateur, la machine cérébrale humaine a son histoire, un parcours, une expérience qui lui est propre : deux sujets ne peuvent en avoir les mêmes.

Il y a donc une relation causale entre structure du cerveau et fonction de la pensée. De ces interactions entre neurones découlent des fonctions cognitives supérieures comme la conscience. Celle-ci serait de ce fait un produit de cette imbrication entre les différentes composantes du cerveau. Confirmant cette activité systémique du cerveau, Changeux poursuit :

*« Les divers groupes de neurones de la formation réticulée s'avertissent mutuellement de leur action. Ils forment un "système" de voies hiérarchiques et parallèles en contact permanent et **réciroque** avec les autres structures de l'encéphale. Une **intégration** entre centres se met alors en place. Du jeu de ces régulations emboîtées naît la **conscience** »⁵⁰.*

Il apparaît clairement à travers ces lignes extraites de *L'Homme neuronale* que l'activité neuronale se rapporte à un système considéré dans sa totalité. Ce qui signifie autrement que les structures du cerveau ne fonctionnent pas de façon isolée, mais forment un ensemble cohérent dans lequel chaque élément entretient une relation avec le tout. De cette interaction constante et réciproque découle un phénomène mental comme la conscience. Ainsi, on peut considérer l'appareil cérébral comme étant le lieu de combinaison, de production, de formation de nos représentations. C'est par et à travers son activité d'ensemble que se réalisent les représentations mentales. C'est ce qu'affirme Changeux en ces termes :

« La machine cérébrale construit des représentations mentales parce qu'elle est représentation du monde qui l'entoure. Son organisation anatomique, c'est-à-dire l'assemblage de ses neurones et de ses synapses, contient ces représentations et cette organisation caractérise l'espèce »⁵¹.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 213.

⁵¹ *Ibid.*, p. 229.

A cet égard, on peut convenir avec Changeux sans risque de se tromper que le cerveau constitue le support biologique des représentations cognitives. Une représentation peut être ainsi définie comme la fonction que possède un sujet, un objet, un événement ou une propriété de renvoyer à une réalité du monde. Voilà pourquoi, les représentations mentales, entités cognitives issues des interconnexions entre les neurones, les synapses, les récepteurs, mais difficiles à acquérir directement à l'observation, se présentent comme la résultante des rapports entre le cerveau et son environnement physique, social, culturel. Tout serait alors une affaire de neurones, de connexions de neurones et d'organisations saisissables d'un point de vue topologique. C'est ce que souligne Changeux à travers cette description du fonctionnement du cerveau humain :

« Le cerveau de l'homme se compose de milliards de neurones reliés entre eux par un immense réseau de câbles et de connections, que dans ces "fils" circulent des impulsions électriques ou chimiques intégralement descriptibles en termes moléculaires ou physicochimiques, et que tout comportement s'explique par la mobilisation interne d'un ensemble topologiquement défini de cellules nerveuses »⁵².

Telle que décrite ci-dessus, la structure cérébrale se présente comme un grand assemblage de plusieurs milliards de « toiles d'araignée ». En effet, le cerveau se compose d'une multitude de neurones enchevêtrés les uns aux autres et qui communiquent entre eux par le biais des neurotransmetteurs. Ce sont ces substances chimiques qui se chargent ainsi de la transmission de l'influx nerveux entre les différents réseaux de neurones, déterminant ainsi le comportement de l'individu. Ce qui laisse croire que pour comprendre ou expliquer un comportement mental, on devrait se référer ou ouvrir la « boîte noire ». Car les données que fournissent et continuent de fournir les études sur le cerveau ne cessent de montrer que les états et phénomènes mentaux ne sont rien d'autre que des expressions de processus matériels biologiques du cerveau.

Mais si l'approche scientifique de Changeux a beaucoup contribué à la connaissance de l'esprit humain, celle-ci ne saurait se passer du questionnement critique de la philosophie.

⁵² *Ibid.*, p. 363.

TROISIEME PARTIE : ENJEUX ET CRITIQUES DE L'ŒUVRE

CHAPITRE V : PROBLEMES EPISTEMOLOGIQUES

1. La complexité du cerveau

La véritable attitude scientifique consiste à considérer que les problèmes de la science sont infinis et qu'ils posent un défi permanent à notre compréhension de la nature et de l'être humain. C'est dans ce sens que le cerveau est devenu aujourd'hui un objet d'étude privilégié des neurosciences, tant chez l'homme que chez l'animal. Il a connu, dans son évolution, des formes successives de plus en plus riches dues à sa plasticité, sa complexité. Face à cette complexité, scientifiques et philosophes ont eu des positions diverses et variées sur la possibilité de saisir objectivement, matériellement le mental qu'il est supposé contenir. Ces débats suscitent des interrogations dont les réponses sont encore en deçà des attentes. C'est ainsi que Changeux, en sa qualité de spécialiste en neurobiologie, semble dresser une sorte de bilan du projet d'explication psychoneurale à travers ces propos :

*« "La révolution neurobiologique" ne fait que commencer, elle n'a pas encore atteint ses objectifs majeurs. Bien des questions posées restent encore en suspens. D'où, fréquemment, le passage des faits d'observation aux hypothèses et discussions théoriques ».*⁵³

Ce qui signifie donc que pour l'auteur de *L'Homme neuronal*, l'entreprise neurobiologique qui consiste à expliquer le mental par l'organisation physico-chimique du cerveau n'est qu'à ses débuts. Elle n'a pas encore trouvé des réponses définitives au sujet des processus cérébro-mentaux. En effet, beaucoup de questions relatives à la compréhension de l'appareil cérébral sont pour l'instant dans les ténèbres. Les idées ne sont encore qu'à l'état de suggestions, d'hypothèses. Ce qui veut dire autrement que les chercheurs en neurobiologie ne parviennent jusque-là pas à donner une réponse claire et exacte à la question de la vraie nature du mental. Par conséquent, c'est ce qui explique

⁵³ *Ibid.*, p. 362.

peut-être la divergence de positions conjecturales liées à cet aspect psychique du cerveau qui apparaît comme un organe extrêmement complexe.

D'ailleurs, cette complexité constitue l'un des principaux obstacles à la compréhension du cerveau humain. Quelques données suffisent à le montrer. Le nombre total de cellules nerveuses contenues dans l'encéphale est de l'ordre de 100 milliards. Ce chiffre s'avère considérable pour un organe de 1,3 ou 1,4 kg. Ces neurones se répartissent en quelques centaines de catégories. Et, chaque neurone établit environ 10.000 contacts avec d'autres cellules nerveuses. Donc, si l'on s'en tenait aux seuls critères que sont le nombre de cellules, leur nombre de connections, la diversité des neuromédiateurs ou neurotransmetteurs, la combinatoire qui en résulte donne au cerveau de l'homme une organisation unique par rapport à tous les autres êtres vivants. Voilà pourquoi, déjà dans l'introduction de son ouvrage intitulé *Du vrai, du beau, du bien*, Changeux le présente comme la partie biologique la plus complexe du corps humain. Ainsi, il écrit :

« Le cerveau de l'homme est l'objet physique le plus complexe du monde vivant. Il reste l'un des plus difficiles à appréhender. Il ne peut être abordé de manière frontale sans risque de cuisants échecs. Dans la jungle des neurones et des synapses qui le constituent, il est indispensable de saisir avec pertinence les traits singuliers de son organisation et de ses fonctions ; ce sont ceux qui servent de fil d'Ariane au cœur de ce labyrinthe »⁵⁴.

Pour Changeux, du fait de cette extrême complexité de l'appareil cérébral humain, il est impossible de l'explorer de front, c'est-à-dire directement et sans aucun ménagement, au risque de tomber dans l'échec. En d'autres termes, pour mieux comprendre et expliquer le cerveau, le chercheur doit nécessairement étudier avec beaucoup de soin et d'efficacité tous les éléments qui participent à son organisation et à son fonctionnement. Ainsi, des composantes du cerveau telles que les neurones et les synapses constituent les éléments à partir desquels l'on peut avoir une compréhension de cet ensemble d'enchevêtrements complexes.

⁵⁴ J.-P. Changeux, *Du vrai, du beau, du bien. Une nouvelle approche neuronale*, op. cit., p. 13.

En outre, il importe de noter que la complexité du cerveau humain réside aussi dans le fait qu'il soit le lieu de combinaison des différentes évolutions qui ont marqué la vie de l'homme. Autrement dit, la présence dans le cerveau de cet assemblage de multiples évolutions allant des ancêtres de l'homme à l'*Homo sapiens*, c'est-à-dire de l'évolution biologique à l'évolution socioculturelle, fait de celui-là un organe extrêmement difficile à saisir. C'est ainsi que Changeux qui n'a de cesse de reconnaître la complexité de l'appareil cérébral humain poursuit :

« L'extrême complexité de notre organisation fonctionnelle de notre cerveau, jusque-là insoupçonnée, doit être prise en compte, qui inclut les multiples histoires évolutives passées et présentes, emboîtées les unes dans les autres : génétiques et épigénétiques, développementales, cognitives, mentales et socioculturelles, chacune déposant une trace matérielle singulière dans cette organisation »⁵⁵.

Ainsi, on peut retenir à travers ce constat de Changeux que le cerveau de l'homme est incontestablement un organe dont la structure fonctionnelle est d'une complexité éminemment grande. Et, cela peut se justifier par le fait qu'il concentre en lui les multiples évolutions, c'est-à-dire du développement génétique au développement socioculturel qui ont marqué l'existence de l'espèce humaine. En d'autres termes, cette complexité jamais égalée du cerveau et qui lui donne l'image d'un objet difficilement accessible viendrait du fait que tous les différents stades du développement de l'homme y soient gravés sous forme d'empreintes matérielles à travers des connexions de neurones multiples et variées.

Dès lors, compte tenu de cette complexité extrême de l'organisation fonctionnelle de l'appareil cérébral, peut-on réussir à déterminer de manière exhaustive et cohérente comment la somme des actions et des expériences d'un animal ou d'un être humain est explicable par l'activité neurale du cerveau sans prendre en compte cet aspect systémique de la machine cérébrale ?

Les découvertes scientifiques sur le cerveau ont pour l'essentiel montré la relation, voire l'identité entre événements cérébraux et phénomènes mentaux. Malgré tout, ces derniers ne cessent de nous émerveiller, c'est-à-dire de se représenter l'homme comme un

⁵⁵ *Idem.*, p. 104.

horizon, un idéal inaccessible. En effet, il faut remarquer que le cerveau de l'homme est d'une plasticité telle qu'il pourrait se représenter non seulement toutes les évolutions biologiques, génétiques, cognitives de l'individu mais aussi ses relations avec son environnement physique, social et culturel. Ce qui constitue une difficulté pour le projet d'explication matérielle des états mentaux dont il est, pourtant le siège. A ce propos, on peut retenir cette remarque de Changeux :

« Il est difficile, sinon impossible, de définir un programme indépendant de la connectivité de la machine cérébrale. Les objets de sens se déposent progressivement dans la mémoire à long terme, au cours du développement. Le hardware se construit progressivement en fonction de la composition génétique de l'individu, mais aussi de l'interaction constante avec le monde extérieure »⁵⁶.

Au vu de cette plasticité complexe de l'organisation fonctionnelle de la machine cérébrale, il semble que beaucoup de travail reste à faire, ne serait-ce que pour clarifier de façon purement scientifique comment un organe matériel comme le cerveau peut se représenter la totalité de la réalité interne et externe de l'individu. Ainsi, le cerveau apparaît comme une réalité particulière et spécifique qu'on ne peut pas appréhender comme un simple objet d'étude scientifique. Voilà pourquoi lorsqu'il s'agit de son étude, des obstacles s'érigent contre toute démarche visant à la traiter comme un banal objet des sciences de la nature.

2. Obstacles scientifiques

La science se définit non par son ontologie matérialiste, mais par sa volonté d'expliquer de la façon la plus objective possible l'ensemble des phénomènes de l'univers. Son avènement suscita un optimisme exacerbé dans la recherche de la vérité. En effet, les scientifiques pensent désormais que, la science, produit de l'esprit humain, peut étudier l'homme lui-même dans sa totalité psychosomatique. Ce qui signifie que la science est en mesure de résoudre toutes les questions et, partant, d'éclaircir toutes les zones d'ombre,

⁵⁶ J.-P. Changeux et A. Connes, *Matériau à pensée*, Paris, Odile Jacob, 1989, p. 221.

de franchir les obstacles qui empêchent la connaissance de l'être humain dans sa globalité. Imbu de ces idées scientistes, l'homme de science croit fermement que l'investigation scientifique permet de connaître les choses dans leur essence, de trouver des réponses à la totalité du réel. Il importe de noter que déjà dans l'Antiquité grecque l'on assista à des opérations de dissection de corps humains dans le but de comprendre son organisation et son mode de fonctionnement. Ce sont ces expériences opératoires que relate Changeux en ces termes :

« Avec Hérophile et Erasistrate, au III^e siècle avant notre ère, la connaissance sur le cerveau progresse de manière décisive. Abandonnant l'analogie avec l'animal chère à Aristote, ceux-ci inaugurent la dissection du corps humain. Toucher un cadavre passait alors pour une chose "abjecte". Aussi dissèquent-ils des criminels que, "les rois – écrit Celse – retiraient des prisons pour les leur livrer, et les examiner pendant qu'ils respiraient encore". Hérophile aurait ainsi disséqué des milliers de corps. Cette expérience heureusement exceptionnelle les conduit à distinguer le cervelet du cerveau et de la moelle épinière »⁵⁷.

Considérant que l'analogie avec l'animal ne permettait pas de mieux comprendre la structure fonctionnelle du cerveau de l'homme, les médecins grecs ont dû pratiquer des expériences qui pourraient sans doute heurter la conscience humaine, bien que contribuant à nous faire avancer dans la connaissance du cerveau.

Ainsi, dans cette même perspective, Claude Bernard théorisa et pratiqua au XIX^e siècle ce qu'il est convenu d'appeler « la méthode expérimentale ». Celle-ci, rappelons-le, consiste à observer d'abord l'objet d'étude, à émettre des hypothèses, à les vérifier ensuite afin d'en tirer une vérité ou loi scientifique comme il la décrit à travers ces propos :

« L'esprit de l'homme suit une marche logique et nécessaire dans la recherche de la vérité scientifique. Il observe les faits, les rapproche, en déduit des conséquences qu'il

⁵⁷ J.-P. Changeux, *L'Homme neuronal*, op. cit., p. 17-18.

*contrôle par l'expérience pour s'élever à des propositions ou à des vérités de plus en plus générales »*⁵⁸.

La méthode expérimentale se présente ainsi en un processus à trois temps : l'observation, l'hypothèse et la vérification. C'est grâce à cette méthode basée sur l'expérience concrète que Claude Bernard est parvenu à découvrir des vérités scientifiques. Ainsi, de l'avis de l'auteur de *l'Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, pour mieux comprendre le fonctionnement de l'organisme humain, l'on doit appliquer des opérations de vivisection. Cette pratique scientifique ne doit pas être prohibée, mais plutôt mise à profit de la science puisque « *proscrire l'analyse des organismes au moyen de l'expérience, c'est arrêter la science et nier la méthode expérimentale* ».⁵⁹ Par là, nous convenons avec Claude Bernard qu'établir des limites dans l'investigation scientifique, c'est donc en quelque sorte tuer la science. Ce qui justifie et permet de comprendre sa proposition d'ouvrir les organes afin de mieux comprendre leur structure fonctionnelle. Il affirme :

*« On n'a pu découvrir les lois de la matière brute qu'en pénétrant dans les corps ou dans les machines inertes, de même on ne pourra arriver à connaître les lois et les propriétés de la matière vivante qu'en disloquant les organismes vivants pour s'introduire dans leur milieu intérieur »*⁶⁰.

Claude Bernard montre ainsi que pour comprendre véritablement le fonctionnement des organes vivants, il faudrait nécessairement recourir à des opérations de dissections.

Dès lors, la question qui se pose avec acuité est de savoir si une telle approche peut être strictement applicable à l'étude du psychisme de l'homme sans porter un coup fatal à l'existence et la dignité humaine ? En d'autres termes, peut-on continuer de nos jours à mener l'expérimentation dans toute sa rigueur sur le cerveau de l'homme à l'instar des travaux des médecins grecs ou encore comme le préconise Claude Bernard ?

⁵⁸ C. Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Flammarion, 1984, p. 204.

⁵⁹ *Idem.*, p. 139.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 149-150.

Il semble évident que ces pratiques ne peuvent pas s'effectuer sans pour autant occasionner des conséquences néfastes sur la vie de l'homme. En effet, pratiquer de façon systématique ces opérations de vivisection ou de dissection sur l'organisme humain serait une manière d'ignorer la spécificité de l'homme. Ce qui signifie que l'étude de l'organisme humain doit obéir à des règles et principes spéciaux et spécifiques que le chercheur est tenu de respecter scrupuleusement. L'espèce humaine ne doit donc pas être considérée comme un objet quelconque mais comme un sujet particulier dont l'étude rencontre des limites infranchissables. Voilà pourquoi, Changeux pense que de telles opérations ne peuvent plus être appliquées sur des cerveaux humains.

« Dès lors, dit-il, il n'est plus nécessaire d'ouvrir la boîte crânienne ; il suffit d'appliquer des électrodes à la surface de la peau du crâne et de recueillir des variations de potentiel électrique »⁶¹.

On sait que l'invention de la phrénologie ou crânioscopie par le médecin allemand Franz Josef Gall a été d'un apport remarquable dans les localisations cérébrales. Ainsi, avec les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale telles que l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), l'EEG (Electro-encéphalographie), la MEG (Magnéto-encéphalographie), la TEP (Tomographie par Emission de Positrons), le scanner etc., des progrès considérables ont été effectués. En effet, grâce à l'imagerie cérébrale, il est désormais possible aujourd'hui de lire ou de voir le fonctionnement du cerveau humain lorsqu'il manifeste un comportement mental.

Mais, cela suffit-il réellement pour saisir de façon purement scientifique la vraie nature des états mentaux ? En d'autres termes, peut-on affirmer avec certitude que ces techniques nous livrent avec exactitude toutes les informations permettant de confirmer la matérialité du mental sans risque de tomber dans l'erreur ? Que voit-on réellement avec l'imagerie cérébrale et quelles sont les interprétations que les données recueillies autorisent en toute objectivité ?

En tant que support matériel de la pensée, le cerveau est souvent présenté comme un organe dont la description analytique des différents éléments qui le composent n'autorise

⁶¹J.-P. Changeux, *L'Homme neuronal*, op. cit., p. 95.

pas n'importe quelle exploration. Ce sont surtout les mécanismes cognitifs qui constituent aujourd'hui l'obstacle majeur qui ne cesse de fasciner l'entendement humain. L'observation du cerveau ne peut se faire avec assez de précision pour permettre de mettre en évidence les faits mentaux. Jusqu'à là, les résultats fournis par l'imagerie cérébrale n'offrent que des images artificiellement fabriquées et superficielles. Cela veut dire que ce l'on enregistre réellement, c'est une radioactivité émise par l'outil utilisé à cet effet et qui rend compte de sa localisation spatiale et de sa concentration temporelle. Daniel Andler n'a donc pas tardé à signaler les failles de ces techniques d'imagerie cérébrale. Pour lui :

« Les spécialistes les plus avisés des neurosciences ne voient pas dans l'imagerie autre chose qu'un outil, certes puissant, parmi d'autres et ils savent mieux que quiconque en dehors de leur profession que, comme Duhem fut l'un des premiers à souligner, les instruments des sciences avancées sont eux-mêmes des théories incarnées ; et que les résultats des protocoles d'imagerie sont le fruit d'amalgames complexes d'observations et de conjectures, lesquelles confrontent le tribunal de l'expérience solidairement avec les théories élaborées à partir des mesures livrées par les instruments »⁶².

On comprend à travers cette critique d'Andler que ce n'est que par convention arbitraire que l'on représente schématiquement les données recueillies sur un dessin qui reproduit la coupe du cerveau. Il s'avère que les résultats fournis par les techniques d'imagerie cérébrale ne permettent pas encore d'avoir des informations fiables et authentiques sur cet organe extrêmement complexe qu'est le cerveau. C'est d'ailleurs dans cette même perspective que s'inscrit ce jugement du neurobiologiste Edelman relatif aux résultats fournis par les neurosciences dans l'explication du mental. Ainsi, il écrit :

« Les données issues des neurosciences, aussi nombreuses soient-elles, ne permettront jamais, à elles seules, d'expliquer ce qu'est la pensée. Mais cette affirmation n'a rien de mystérieux ni de mystique : elle signifie simplement que

⁶² D. Andler, *Introduction aux sciences cognitives*, Paris, Gallimard, 2004, p. 680.

l'explication issue des neurosciences est nécessaire, mais qu'elle n'est pas suffisante en tant qu'explication ultime. (...) Par conséquent, dans la pratique, toute tentative pour réduire la psychologie à la biologie finit nécessairement par échouer à un certain point. Etant donné que l'exercice de la pensée, en tant que compétence, dépend d'interactions sociales et culturelles, de conventions, de raisonnements logiques, et aussi de métaphores, les méthodes purement biologiques telles qu'on les connaît aujourd'hui sont insuffisantes »⁶³.

A travers ces propos, Edelman montre que les multiples recherches sur le cerveau n'ont jusqu'à présent pas permis de donner une explication claire et nette de la nature réelle de la pensée. Ce qui ne veut pas dire que la question relève d'un mystère insoluble mais qu'à l'heure actuelle l'explication fournie par les neurosciences ne permet pas encore d'avoir une idée claire de la manière dont le cerveau pourrait fonctionner pour causer un état mental. Ce manque d'explication plausible s'explique par le fait que la pensée n'est pas seulement une affaire de connexion de neurones, mais aussi une compétence que l'on construit à partir de l'expérience vécue, c'est-à-dire en interaction avec les réalités sociales, culturelles, etc.

Donc, pour comprendre de manière satisfaisante la façon dont le cerveau détermine l'esprit et le comportement humains, il est nécessaire de prendre en compte le contexte social, culturel et environnemental dans lequel évolue l'individu. Et cela rend l'entreprise d'autant plus ardue. Il apparaît clairement que cet aspect relationnel du mental avec son monde extérieur constitue sans doute un obstacle contre lequel bute la plupart des théories neuroscientifiques.

⁶³ G. M. Edelman, *Biologie de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 2008, p. 229.

CHAPITRE VI : ENJEUX PHILOSOPHIQUES

1. La spécificité de l'humain

L'essor des sciences cognitives, des neurosciences en particulier, qui a fourni des résultats remarquables dans la compréhension du fonctionnement du cerveau et, par ricochet, du mental au cours de ses dernières années, fait apparaître de réelles espérances mais aussi de nouvelles inquiétudes.

Ainsi, de nos jours, l'essence de l'homme semble se confondre avec celle de l'animal ou de l'automate. Ce qui signifie que l'on est en train de remettre en cause une vieille conception philosophique qui pose une différence de nature entre l'homme et l'animal. De ce fait, pour beaucoup de scientifiques l'homme est une espèce parmi tant d'autres et que tous ses constituants peuvent être soumis à une analyse purement scientifique.

Dès lors, quel sort réserver à la pensée, cette réalité proprement humaine qui met bien l'homme au dessus de la créature et le rend « maître et possesseur de la nature »? Cette ambition d'ériger systématiquement le psychisme humain en objet d'étude scientifique, c'est-à-dire que l'on peut analyser avec les sciences de la nature, ne constitue-t-elle pas une atteinte à la liberté, la dignité, l'existence humaine ? N'y a-t-il pas lieu de recourir à une éthique forte afin de sauvegarder ces valeurs humaines si nécessaires à l'équilibre de l'homme ?

En raison de la nature particulière du cerveau – siège de cette réalité purement immatérielle qu'est le mental – les expérimentations sur cet organe complexe et sensible peuvent susciter des problèmes éthiques plus frustrants que celles menées sur les autres parties du corps. Ainsi, avec l'apparition ces dernières années de nouvelles techniques d'imagerie cérébrale, bien que sophistiquées et permettant de saisir la structure et le fonctionnement du cerveau humain, des questions éthiques se posent inéluctablement aux neuroscientifiques. Par exemple, des pratiques comme la stimulation électrique du cerveau avec des « puces neuronales » peuvent engendrer des conséquences néfastes. En effet, l'on pourrait utiliser à l'avenir ces implants artificiels aux fins de robotiser un être humain pour diriger ses pensées et ses conduites. C'est ce risque inéluctable d'avilissement de l'humain qui est ici dénoncé par Jean Bernard à travers cette mise en garde :

« La personne n'est ni une "chose" biologique ni une convention sociale et idéologique arbitraire. Il faut refuser le substantialisme réducteur et le relativisme réducteur et le relativisme destructeur »⁶⁴.

Il rejette ainsi la réduction de l'humain sur toutes ses formes. Pour lui, l'homme n'est pas un objet que l'on peut réduire à n'importe quoi ou manipuler à sa guise. Bien qu'étant neurobiologiste de métier, Changeux, pour sa part, n'a pas manqué d'exprimer ses craintes par rapport à d'éventuelles recherches biologiques démesurées. C'est pourquoi, déjà dans la préface de *L'Homme neuronal*, il écrit :

« On craint aussi l'impact sur le social des découvertes de la biologie qui, usurpées par certains, peuvent devenir des armes oppressives. Dans ces conditions, il apparaît plus prudent de trancher les liens profonds qui unissent le social au cérébral »⁶⁵.

Il s'en suit que ces expérimentations sur le système nerveux et plus particulièrement sur le cerveau fascine de plus en plus l'imagination humaine. Des chercheurs spécialisés en neurosciences se permettent de simuler, d'imaginer des fictions scientifiques très effrayantes dans lesquelles des neurologues s'ingénient à greffer des cerveaux humains. Quelles peuvent bien être les conséquences d'une telle pratique dans la réalité ?

Il semble qu'une greffe de cellules nerveuses provenant du système nerveux d'une autre personne pourrait avoir pour conséquence un transfert voire une perte d'une partie des fonctions mentales. Il ne serait donc évidemment pas acceptable d'introduire des sondes ou autres instruments dans un cerveau humain vivant pour voir ce qui s'y passe. Le cas échéant pourrait entraîner une atteinte à la dignité et à la liberté humaine, car ces pratiques peuvent servir à détourner des consciences en asservissant des peuples, dictant des conduites humaines, guidant des comportements, etc. Ces pratiques, menées de façon anarchique, pourraient contribuer à avilir considérablement cette valeur humaine qu'est la

⁶⁴ J. Bernard, *De la biologie à l'éthique : nouveaux pouvoirs de la science, nouveaux devoirs de l'homme*, Paris, Buchet-Chastel, 1990, p. 194.

⁶⁵ J.-P. Changeux, *L'Homme neuronal*, op. cit., p. 9.

dignité humaine considérée par Jean Bernard comme une « *qualité incorporelle qu'il faut attacher rigoureusement au corps de l'homme si l'on veut trouver en tout ce qui le concerne la ligne montante de l'humanisme* »⁶⁶. Jean Bernard nous invite alors à accorder un prix à la dignité humaine. C'est par la sauvegarde, la préservation de ces valeurs humaines que l'homme pourrait échapper aux effets néfastes de la science. Pour ce faire, le spécialiste en neurobiologie doit s'informer à défaut de s'y former, des questions relatives aux droits de l'homme. Ceci exige une connaissance et une considération particulière d'autrui comme soi-même. D'ailleurs, c'est à cette attitude que nous recommandons Changeux à travers ces propos :

*« Une meilleure connaissance de l'homme et de l'humanité permet de "valoriser la diversité des expériences personnelles, la richesse des différentes cultures, la multiplicité de leurs conceptions du monde". Ce savoir doit "favoriser la tolérance et le respect mutuel sur la base d'une reconnaissance d'autrui comme un autre soi-même appartenant à une même espèce sociale issue de l'évolution des espèces" »*⁶⁷.

Ainsi, l'exigence fondamentale du respect de la dignité humaine doit être une valeur supérieure à tout individu et doit être traduite dans la réalité. Elle doit constituer le critère permettant d'arbitrer les conflits de valeurs ou d'intérêts que suscite l'étude de l'esprit humain. Voilà pourquoi la révolution tant souhaitée des neurosciences doit s'accompagner d'une révolution éthique. Ce qui justifie et permet de comprendre la position de Jean-Pierre Changeux selon laquelle des questions éthiques hantent le neurobiologiste dans l'exercice de ses fonctions. Il note :

*« Les problèmes d'éthique affectent directement le neurobiologiste. Dans son travail quotidien tout d'abord. Quand il s'agit d'explorer le cerveau de l'homme, tout n'est pas possible. Des limites sévères à l'expérimentation s'imposent »*⁶⁸.

⁶⁶ J. Bernard, *De la biologie à l'éthique : nouveaux pouvoirs de la science, nouveaux devoirs de l'homme*, op. cit., p. 201 ;

⁶⁷ J.-P. Changeux, *Du vrai, du beau, du bien. Une nouvelle approche neuronale*, op. cit., p. 514-515.

⁶⁸ J.-P. Changeux et A. Connes, *Matière à pensée*, op. cit., p. 236.

Ce qui veut dire que l'étude du cerveau renferme des limites liées à des exigences éthiques qu'il faut respecter strictement. Il est donc un devoir pour tout scientifique de prendre en compte cet aspect éthique de la question dans ses recherches sur le cerveau. Ce qui nous permettra de pratiquer la science avec conscience pour ainsi dire.

La morale nous impose donc de respecter l'être humain plus que toutes les autres espèces et ce, pour d'autres raisons que son appartenance au monde vivant. Le motif qui justifie ce respect particulier que l'on doit à l'espèce humaine est que l'homme a quelque chose de spécifique, de plus humain en lui : l'esprit.

2. Un problème idéologique

La tentative de donner des explications précises et complètes au fonctionnement mental en termes neurobiologiques a suscité des positions idéologiques tant religieuses que philosophiques. En effet, l'hypothèse du matérialisme qui consiste à dire que tout ce qui existe est matériel et obéit aux mêmes lois physiques générales épouse bien l'ambition des chercheurs en neurosciences à étudier le mental sous une approche matérialiste. Mais, selon la conception spiritualiste le psychisme est un phénomène spécifique, supérieur, indépendant et distinct de la matière. Ce qui sous-entend que l'esprit obéit à des principes idéologiques qui doivent être strictement respectés. Voilà pourquoi, déjà dans la préface de *L'Homme neuronal*, Changeux fait ce constat :

« Le développement des recherches sur le système nerveux s'est toujours heurté, au cours de l'histoire, à de farouches obstacles idéologiques, à des peurs viscérales, à droite comme à gauche. Toute recherche qui, directement ou indirectement, touche à l'immatérialité de l'âme met la foi en péril et est vouée au bûcher »⁶⁹.

Changeux reconnaît ainsi l'existence d'un certain discrédit jeté sur les chercheurs en neurosciences lorsqu'ils s'ingénient à « traquer » le dispositif cérébral. Pour lui, on ne peut

⁶⁹ J.-P. Changeux, *L'Homme neuronal*, op. cit., p. 9.

pas étudier le cerveau sans prendre en compte l'aspect spiritualiste de la pensée, c'est-à-dire la conception ancienne selon laquelle l'esprit, le mental représenterait l'âme. En effet, pour les tenants de ce courant, l'esprit est un « principe de vie » individuel, impalpable qui pénétrerait mystérieusement le corps de l'homme à sa naissance pour ne le quitter qu'à sa mort. De ce fait, l'on pourrait comparer l'esprit à un « souffle », un « vent » comme nous l'indique son étymologie latine, *spiritus*. Ce qui signifie qu'il serait assimilable à une sorte d'étincelle ou de feu qui anime les corps vivants et les distingue de la matière inanimée. Et même, à l'origine, c'est-à-dire selon une conception religieuse, l'esprit est « le souffle divin qui met de la vie là où le néant, le vide et les ténèbres régnaient avant la création ». C'est dans ce sens que Marie-Line Bretin, citant la Bible⁷⁰, écrit :

*« Au commencement, nous dit la Bible, Dieu créa le ciel et la terre. Or la terre était vide et vague, les ténèbres couvraient l'abîme et un vent de Dieu agitait la surface des eaux »*⁷¹.

Ce vent de Dieu n'est rien d'autre qu'un signe de vie proprement spirituelle, une marque de conscience et de liberté. En tant que tel, il apparaît clairement que l'esprit ne s'est véritablement accompli, manifesté qu'en l'homme, cet être supérieur créé par Dieu à son image comme le soutiennent les religions révélées. Ainsi, à l'image du géocentrisme par exemple, théorie selon laquelle l'univers est organisé autour de la terre située et immobile en son centre, l'œuvre divine a consisté à situer proprement l'homme au centre, et donc nécessairement au dessus des autres créatures. Nous pouvons donc appeler « psychocentrisme », cette volonté de faire du psychisme humain quelque chose qui, qualitativement, situerait l'esprit exclusivement en l'homme. Ce qui laisse croire que l'étude du mental, de l'esprit obéit à des principes idéologiques que le chercheur est tenu de prendre en compte pour éviter de porter atteinte à la dignité humaine.

Par conséquent, le vivant en l'homme, c'est ce qui est esprit en lui. Cet esprit spécifique, libre est, pour reprendre une image cartésienne, la marque de Dieu en

⁷⁰ C'est précisément la Bible de Jérusalem, Pocket, éd. du Cerf, 1998, p. 33, que Bretin cite à travers ce passage.

⁷¹ M.-L. Bretin, *Cours de philosophie*, 2^e éd., Paris, Vuibert, 2006, p. 520.

l'homme. Pour Descartes, l'homme n'est pas qu'un corps, contrairement à l'hypothèse matérialiste. Mais, il est aussi un esprit et, en tant que tel, il participe à la substance pensante qui est, par ailleurs, la substance même et unique de Dieu. Cette substance pensante, spirituelle est faite de conscience et de volonté, autrement dit de liberté. Ainsi, pour l'auteur des *Méditations métaphysiques*, l'homme est si libre que la liberté humaine, en elle-même, est semblable à celle de Dieu, elle est la marque de Dieu en lui. Il écrit :

« Il n'y a que la volonté seule ou la seule liberté du franc arbitre que j'expérimente en moi être si grande que je ne conçois point l'idée d'aucune autre plus ample et plus étendue, en sorte que c'est elle principalement qui me fait connaître que je porte l'image et la ressemblance de Dieu »⁷².

Si, on entend par volonté, cette faculté d'affirmer ou de nier, cela suppose le concours d'une certaine réalité interne – l'esprit, la pensée ou la conscience qui, la guide et lui procure une certaine liberté. En tant que telle, la volonté peut être considérée comme une activité réfléchie, consciente et libre. On peut dire alors que la volonté et l'esprit sont une seule et même chose. Cet esprit libre, cette transcendance à l'apparence mystérieuse qui est spécifique et commune à tous les hommes apparaît comme une empreinte apposée en l'homme par Dieu. C'est donc Dieu qui, comme qui dirait, d'un coup de baguette magique, crée et organise toutes les manifestations de la matière vivante, avec l'homme et son esprit libre comme une fin ultime.

Si tel est le cas, l'esprit constituerait pour l'homme de science, un phénomène qu'il ne pourrait pas saisir dans toutes ses facettes. Il ressemble ainsi à un souffle magique qu'on sent sans en connaître la nature réelle, de la même manière qu'on croit en Dieu ou à son existence sans être en mesure de dire avec exactitude ce qu'il est, où, quand et comment il est. De ce point de vue, l'esprit humain s'imposerait à nous comme un obstacle contre lequel se heurtent encore les théories à vocation matérialiste. Dès lors, peut-on affirmer sans risque de nous tromper que les approches neuroscientifiques mises en œuvre jusque-là, parviendront à épuiser toutes les sinuosités du cerveau, support matériel des diverses

⁷² R. Descartes, *Méditations métaphysiques*, Paris, Nathan, 2004, coll. Les Intégrales de philo, Méditation Quatrième, p. 88.

représentations mentales et nous permettre d'attester de façon exacte et définitive de la matérialité du mental ?

De l'avis de certains philosophes, il y a au moins un aspect du mental dont le matérialisme, sous toutes ses formes et, plus généralement, toute approche objectivante, à la troisième personne, est encore incapable de rendre compte.

CONCLUSION

L'étude de *L'Homme neuronal* révèle une nette ambition de la part de l'auteur d'expliquer le mental sous une approche purement matérialiste. En effet, pour Changeux, les fonctions mentales sont combinées à chacun des niveaux d'organisation du cerveau qui est en relation avec son environnement et son histoire. Il montre que le cerveau de l'homme constitue une synthèse de trois principales évolutions emboîtées. En premier, apparaît une évolution biologique qui va du singe à l'*Homo sapiens*. Ensuite, on y lit un développement individuel ou épigénèse lié à une connection singulière des neurones due à l'empreinte du monde extérieur sur le cerveau. Il y a enfin l'évolution socioculturelle rendue possible par les exceptionnelles capacités d'apprentissage propres au cerveau humain. Ainsi, Changeux ne prétend pas expliquer le mental à partir de la seule biologie. Il pense plutôt que pour comprendre vraiment l'homme, on doit prendre en compte ces différentes évolutions qui engagent l'interaction du cerveau avec son environnement. L'étude de la génétique, de la morphogenèse et de la biochimie du cerveau permettrait donc de construire une science unifiée de l'esprit.

Ainsi, Changeux est parvenu à montrer l'existence d'un certain « pouvoir des gènes ». Ce qui voudrait dire que l'universalité de l'homme et de son cerveau réside dans sa structure génétique. En effet, le cerveau a connu un développement génétique qui va des ancêtres les plus lointains à l'*Homo sapiens* et qui se transmet d'une génération à une autre. C'est pourquoi, Changeux pense que pour mieux comprendre le fonctionnement de notre appareil cérébral, il est nécessaire de connaître la composition de l'ADN qui est le support matériel de l'hérédité. Ce qui permet en même temps de déterminer notre appartenance génétique.

Le cerveau de l'homme est aussi pour une large part déterminé par son interaction avec son milieu. Ce qui veut dire que l'appareil cérébral porte en lui des empreintes qui sont le résultat des relations qu'il entretient avec l'environnement socioculturel dans lequel l'individu évolue. Ce sont des aptitudes qui se transmettent de génération en génération par le biais de l'éducation. C'est dire que dans l'étude du mental, l'on doit prendre en compte cet aspect socioculturel de l'être humain qui se trouve emboîté dans le cerveau.

Dans son analyse psychoneurale, l'auteur de *L'Homme neuronal* a tenté de faire le point sur les connaissances de l'époque en neurosciences. Il trouve ainsi qu'il est possible de tirer les conséquences pour les autres sciences des connaissances actuelles sur le cerveau. C'est dans cette perspective que s'inscrivent aujourd'hui les sciences cognitives qui se définissent comme des sciences fédératrices rassemblant ainsi neurologue, physiologue, psychologue, linguiste, anthropologue, philosophe, etc., autour du cerveau dans le but d'expliquer la cognition. Désormais il est permis de créer des liens entre neurosciences et sciences de l'homme, notamment l'anthropologie.

Par ailleurs, la description anatomique du cerveau permet de comprendre sa structure fonctionnelle. Il se présente en un système dans lequel une multitude de réseaux de neurones entrent en connection. De ces interconnexions, s'originent et émergent des états mentaux tels que la conscience. Ainsi, avec les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale, il est possible de localiser les aires ou territoires correspondant à telle ou telle réalité mentale.

Le mental ne doit donc plus être considéré comme une réalité indépendante du cerveau et dont l'étude relèverait d'autres instances spécifiques ou métaphysiques, mais une entité cérébrale susceptible d'être étudiée dans une perspective purement matérialiste. C'est dire que l'esprit et ses corollaires peuvent être expliqués par le fonctionnement biochimique des neurones. En d'autres termes, l'activité mentale se résume à des propriétés physiologiques ou physicochimiques dont il est possible de traiter avec la méthode expérimentale qui a permis à la science de découvrir les lois de la nature.

Mais, il importe de relever que le cerveau est une structure d'une extrême complexité. Ce qui constitue un obstacle majeur contre les différentes tentatives entreprises pour rendre compte de façon scientifique de la réalité mentale dont il est le support matériel. Et ce, parce qu'il est non seulement le lieu de combinaison de milliards de neurones mais aussi de plusieurs évolutions : historique, biologique, socioculturel.

D'ailleurs, cette investigation purement matérialiste du mental est susceptible de susciter des questions idéologiques touchant à l'éthique, voire à la religion. Car la thèse selon laquelle le psychisme humain ne serait que l'expression du fonctionnement neuronal à l'image d'une machine informatique peut heurter la dignité humaine. Envisager une telle

hypothèse est assimilé par beaucoup comme une forme de négation de la valeur de l'homme, de la liberté ou de la spécificité humaine. En effet, le fait de voir sa fonction la plus spécifique et précieuse être traitée comme une machine, un objet quelconque, est de nature à bouleverser profondément l'image qu'il se fait de lui-même. Voilà pourquoi les performances, quoi que salutaires, des sciences cognitives doivent avoir des limites dans leur tentative de « traquer », dans toutes ses facettes, sa nudité – ce qui fonde la liberté humaine : l'esprit, la pensée.

Par conséquent, la position matérialiste de Changeux qui prétend expliquer toute la réalité mentale dans une perspective purement physicochimique pourrait être remise en question. Car compte tenu de la spécificité de l'esprit, il paraît impossible de l'analyser dans toute la rigueur requise par la méthode expérimentale. C'est peut-être l'une des raisons pour lesquelles les spiritualistes pensent que l'esprit serait une marque divine en l'homme et qu'il y aurait toujours une de ses facettes que la science ne parviendrait jamais à expliquer dans des termes foncièrement objectifs. Une telle position doit-elle être une raison d'abandonner la recherche ?

Il faut reconnaître à l'auteur de *L'Homme neuronal* le mérite d'avoir démontré de façon assez convaincante la matérialité du mental dans des termes purement neurologiques. Avec lui et tant d'autres neuroscientifiques, l'espoir est désormais permis, car les résultats fournis jusque-là par les recherches en sciences cognitives semblent être sur la bonne voie. Aujourd'hui, avec l'avancée des nouvelles techniques d'imagerie cérébrales, il est possible de localiser précisément certaines facultés dans des régions distinctes de l'encéphale. Ainsi, des aires représentant des états psychiques tels que la conscience, la croyance, le désir, la foi pourraient être identifiées. En effet, cette réserve qui fait dire à certains que les recherches scientifiques ne pourraient jamais trouver une explication suffisamment plausible du mental doit être écartée. Tout porte à croire que son étude restera l'une des questions majeures du troisième millénaire. Nous ne devons pas nous limiter à des conclusions hâtives liées à notre ignorance de la vraie nature de ce phénomène. Il est certain que ses retombées seront merveilleuses. Il suffit d'observer l'évolution pour constater que l'homme qui est proprement pourvu de cette faculté occupe le sommet de la pyramide, et que les êtres qui n'en possèdent pas occupent sa base. En effet, l'avenir nous dira si l'une de ces tentatives matérialistes était sur la bonne voie ou si

ce que certains considèrent comme un « mystère » est encore profondément enfoui pour pouvoir être percé. Il est pour autant important de porter une attention particulière sur l'impact que ces investigations pourraient avoir sur la société.

De toute façon, si un jour, une découverte situe définitivement le mental dans le cadre de l'hypothèse du matérialisme scientifique, il faudrait bien que tout le monde y adhère. Car ce qui importe en fin de compte, ce n'est pas de situer a priori ses idées par rapport à telle ou telle théorie, mais de progresser dans la compréhension des mystères de la nature et, l'homme en particulier.

BIBLIOGRAPHIE

A- OUVRAGES DE L'AUTEUR

- 1- CHANGEUX, J.-P. *L'Homme neuronal*. Paris : Fayard, 1983. 419 p.
- 2- CHANGEUX, J.-P. *L'Homme de vérité*. Paris : Odile Jacob, 2004. 402 p.
- 3- CHANGEUX, J.-P. *Du vrai, du beau, du bien. Une nouvelle approche neuronale*. Paris : Odile Jacob, 2008. 544 p.
- 4- CHANGEUX, J.-P. *Ce qui nous fait penser. La Nature et Règle*. Paris : Odile Jacob, 2000. 336 p.
- 5- CHANGEUX, J.-P. et CONNES, A. *Matière à pensée*. Paris : Odile Jacob, 1989. 267 p.

B- OUVRAGES GENERAUX

- 6- ANCEAU, F. *Vers une étude objective de la conscience*. Paris : Hermès, 1999. 159 p.
- 7- ANDLER, D. *Introduction aux sciences cognitives*. Paris : Gallimard, 2004. 740 p.
- 8- BERNARD, C. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Flammarion, 1984. 320 p.
- 9- BERNARD, J. *De la biologie à l'éthique : nouveaux pouvoirs de la science, nouveaux devoirs de l'homme*. Paris : Buchet-Chastel, 1990. 309 p.
- 10- BITBOL, M. *Physique et philosophie de l'esprit*. Paris : Flammarion, 2000. 404 p.
- 11- BRETIN, M.-L. *Cours de philosophie*, 2^e éd., Paris : Vuibert, 2006, 861 p.
- 12- CHALMERS, D. *L'esprit conscient*. Trad. Stéphane Dunand. Paris : Ithaque, 2010. 517 p.
- 13- CHURCHLAND, P. M. *Matière et conscience*. Trad. Gérard Chazal. Paris : Champ Vallon, 1999. 232 p.

- 14- DAMASIO, A. R. *L'autre moi-même. Les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions*. Trad. Jean-Luc Fidel. Paris : Odile Jacob, 2012. 429 p.
- 15- DAMASIO, A. R. *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions*. Trad. Marcel Blanc. Paris : Odile Jacob, 2001. 396 p.
- 16- DESCARTES, R. *Méditations métaphysiques*. Paris : Nathan, coll. « Les Intégrales de philo », 2004. 192 p.
- 17- DUPUY, J.-P. *Aux origines des sciences cognitives*. Paris : La Découverte, 1999. 185 p.
- 18- EDELMAN, G. M. *Biologie de la conscience*. Trad. Ana Gerschenfeld. Paris: Odile Jacob, 2008. 368 p.
- 19- GARDNER, H. *Histoire de la révolution cognitive. La nouvelle science de l'esprit*. Trad. Jean-Louis Peytavin. Paris : Payot, 1993. 479 p.
- 20- PACHERIE, E. *Naturaliser l'intentionnalité*. Paris : PUF, 1993. 300 p.
- 21- PINKAS, D. *La matérialité de l'esprit*. Paris : La Découverte, 1995. 409 p.
- 22- SEARLE, J. R. *La découverte de l'esprit*. Trad. Claudine Tiercelin. Paris : Gallimard, 1995. 353 p.
- 23- SEARLE, J. R. *Le mystère de la conscience*. Trad. Claudine Tiercelin. Paris : Odile Jacob, 1999. 228 p.