Ann-Christine Duhaime

BRAINSTORM

Le Présent à Venir

Comment les neurosciences peuvent nous aider à résoudre notre crise environnementale

Traduit par Victor Paschenda

edp sciences

Le Présent à Venir

Ann-Christine Duhaime

BRAINSTORM

Traduit par Victor Paschenda

Comment les neurosciences peuvent nous aider à résoudre notre crise environnementale

Notre tendance à privilégier les plaisirs de consommation à court terme alimente le changement climatique, mais la capacité étonnante du cerveau à la flexibilité peut nous permettre de donner la priorité à la survie à long terme de l'humanité.

De plus en plus de personnes reconnaissent que le changement climatique est un problème urgent. Pourtant, ce sentiment d'urgence se traduit rarement par des actions pour y remédier sérieusement. Si nous croyons en la réalité de la crise climatique, pourquoi est-il si difficile de changer notre comportement ? Ann-Christine Duhaime, neurochirurgienne pédiatrique, enquête sur ce problème dans la neuroscience de la prise de décision. Son enquête revient sur l'évolution du cerveau humain au cours de millions d'années de pénurie de ressources et sur la façon dont le cerveau s'est adapté pour privilégier la survie à court terme. L'architecture comportementale qui en résulte est mal ajustée au présent, où la rareté est moins préoccupante et où les défis environnementaux sont lents et nouveaux. Même nos intérêts supposés sont contrecarrés par le système de récompense du cerveau. Heureusement, nous pouvons influencer nos cerveaux, ainsi que ceux des autres, pour changer nos comportements. Duhaime présente plusieurs interventions concrètes qui encouragent nos circuits neuronaux à adopter de nouvelles récompenses dans divers contextes, ainsi que l'application concrète de ses réflexions au fonctionnement de son hôpital pédiatrique. Plus nous comprenons comment nos tendances peuvent être contournées par la capacité d'adaptation de notre cerveau, plus nous avons de chances d'avoir un avenir.

Ann-Christine Duhaime, *est neurochirurgienne pédiatrique senior au Massachusetts General Hospital, où elle est également directrice associée du* Center for the Environment and Health. *Elle est professeure associée de l'université de Harvard.*

978-2-7598-3185-2

9 782759 831852

edp sciences
www.edpsciences.org

Le Présent à Venir

Ann-Christine Duhaime

BRAINSTORM

Comment les neurosciences peuvent nous aider à résoudre notre crise environnementale

Traduit par Victor Paschenda

edp sciences

Le Présent à Venir est une collection d'ouvrages qui explore comment diverses approches et disciplines scientifiques s'intéressent aux enjeux qui dessinent notre futur. Dans le cadre de l'urgence environnementale, elle s'adresse à un large public pour présenter des problèmes, perspectives et solutions sur des thématiques encore peu présentes dans le débat public.

Collection créée en 2023 par Victor Paschenda

Imprimé en France
ISBN (papier) : 978-2-7598-3185-2 – ISBN (ebook) : 978-2-7598-3238-5

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.
© EDP Sciences, 2023

À ma famille, à mes patients
et aux enfants du monde entier.

Sommaire

Remerciements 7

Préface 9

Introduction
Le cerveau humain et le changement climatique 17

Partie 1 – Origines neuronales 29

1. L'évolution du cerveau et l'Anthropocène 31

2. Les récompenses cérébrales, principe directeur de l'apprentissage 43

3. L'univers des récompenses humaines 77

4. La biophilie et le cerveau 101

Partie 2 – Le cerveau du XXIe siècle 121

5. Une accélération de la consommation 123

6. Quels comportements sont les plus importants ? 149

Partie 3 – Changer le cerveau 177

7. Comportements faciles et difficiles à changer 179

8. Stratégies pour des changements pro-environnementaux 197

9. L'hôpital « vert » pour enfants 243

Conclusion
Un cerveau durable 277

Notes 289

Remerciements

Ce projet est le fruit d'un effort continu et du soutien de nombreuses personnes qui ont contribué de diverses manières à son contenu et à sa réalisation sur une période de plusieurs années. Les neurologues Zelime Elibold et Alice Flaherty ont aidé à affiner l'idée originale lors d'une série de réunions informelles au début du projet. Je remercie tout particulièrement Dan Schrag, directeur du Centre pour l'environnement de l'université de Harvard et géochimiste à la vision à long terme, qui a accueilli un séminaire exploratoire, soutenu la validité de cette exploration et m'a chaleureusement intégrée dans la grande communauté du centre, où je continue à apprendre énormément auprès de véritables experts. La pédiatre Cindy Christian, les neurochirurgiens Emad Eskandar et Ziv Williams, l'économiste et psychiatre Niels Rosenquist, le psychiatre Jim Recht, le neuroradiologue Paul Caruso, l'experte en maladies infectieuses et en climatologie Regina LaRocque, et l'appréciatrice de la nature Ava McNichol, entre autres, m'ont apporté leur soutien scientifique, interdisciplinaire et inspirant. Mes collègues neurochirurgiens Robert Martuza et Bill Butler ont gracieusement accepté que je prenne un congé sabbatique au Radcliffe Institute for Advanced Study de l'université de Harvard pour me plonger sérieusement dans le sujet, et je serai toujours reconnaissante envers l'ancienne doyenne de Radcliffe, Lizabeth Cohen, et à la défunte directrice du programme de bourses, Judy Vichniac, qui ont pris un risque en intégrant la première neurochirurgienne dans ce programme et en soutenant ce travail interdisciplinaire.

Pendant que j'étais à Radcliffe, les assistants de recherche de premier cycle Deng-Tung Wang, Fatuma Rinderknecht, Natalie Cho, Daniel Letchford et Vibav Mouli m'ont apporté une aide et une perspective inestimables, et les autres boursiers Robert Huber, Reiko Yamada, Valerie Massadian, Karole

Armitage, Philip Klein, Esther Yeger-Lotem, Wendy Gan et Raj Pandit, ainsi que de nombreuses autres personnes, ont contribué à élargir ma vision et à me garder les pieds sur terre. Le neuroscientifique Peter Sterling a contribué à affiner les idées et à fournir des commentaires critiques sur le manuscrit. Mon éditrice chez Harvard University Press, Janice Audet, a été une guide patiente tout au long du processus d'édition et d'examen par les pairs, et les pairs examinateurs de différents domaines m'ont aidé à affiner et à cibler le livre, et à en faire davantage une histoire. La figure 1 a été créée par Angelynn Grant sur la base d'un dessin initial réalisé par les assistants de recherche de Radcliffe, et les figures 2 et 3 ont été créées par Elaine Kurie (Kurie Biomedical Illustrations).

Mon mari, Stan Pelli, et mes enfants, Jonas et Alida Pelli, ainsi que ma famille élargie et mes amis, m'ont offert l'espace, le temps, la liberté, le soutien et une patience extraordinaire pour me permettre de poursuivre cette exploration, et envers eux, et toutes les personnes qui précèdent, je reconnais une dette de gratitude qui ne pourra jamais être remboursée.

Préface

Il est 20 heures, je suis sur le point de plier bagage et de quitter l'hôpital pour la nuit lorsque le pager sonne. C'est mon interne, le jeune neurochirurgien en formation qui répond aux appels d'urgence et qui résume rapidement une consultation urgente de l'unité de soins intensifs pédiatriques. « C'est un enfant de six ans. Il en est à sa troisième transplantation hépatique pour une maladie congénitale, et sa coagulation sanguine est très mauvaise. Son scanner montre une hémorragie cérébrale gauche de 5 centimètres avec déplacement, il est comateux, avec une pupille gauche dilatée et un rythme cardiaque qui chute. Ils veulent qu'on l'opère. » Je demande si l'équipe de l'unité a corrigé sa coagulation sanguine et on me dit qu'ils lui ont donné du facteur et qu'il devrait être prêt pour l'opération. Je rejoins le résident dans la salle d'opération après m'être arrêtée brièvement pour rencontrer la famille et lui expliquer aussi gentiment que possible que nous ferons de notre mieux, mais que la situation est grave. Il se peut que nous ne soyons pas en mesure de contrôler l'hémorragie et que leur enfant ne survive pas à l'opération. Ils hochent la tête et pleurent en silence. Après des mois à l'hôpital, ils ne peuvent plus faire grand-chose.

En chirurgie, après avoir aspiré le gros du caillot, le cerveau continue de suinter de toutes les surfaces que nous avons touchées. Je demande à l'infirmière de bloc opératoire d'appeler le médecin et de lui demander s'il y a autre chose qu'ils peuvent faire médicalement pour aider le sang à coaguler. Pendant qu'elle tient le téléphone à mon oreille, on me dit qu'ils ont donné les correctifs appropriés et que le saignement devrait être facile à contrôler. Je les invite à venir voir, car ce n'est pas facile à contrôler – en fait, c'est impossible à contrôler. Après avoir utilisé tous les agents hémostatiques dont nous disposons à l'hôpital, toutes les transfusions qui pourraient être utiles et toutes

les façons d'appliquer une pression douce sur les surfaces qui saignent, nous finissons par reconnaître que nous ne pouvons que ralentir, mais pas arrêter, cette hémorragie. Nous devrons refermer suffisamment pour le ramener à l'unité de soins intensifs et attendre. Il ne passera probablement pas la nuit.

D'autres enfants s'en sortent mieux. Leurs crises sont localisées par magnétoencéphalographie et supprimées par des techniques peu invasives, leurs tumeurs sont réséquées à l'aide d'un guidage par image stéréotaxique informatisée ou d'une ablation au laser, leurs infections sont vaincues par des antibiotiques de conception de cinquième et sixième générations. Ils entrent et sortent de notre vie médicale, mais les traces qu'ils laissent ne sont rien en comparaison de celles des enfants que nous ne pouvons pas aider. Les traitements, qu'ils soient efficaces ou futiles, nécessitent d'énormes ressources dans notre système médical avancé. De nouvelles machines, de nouveaux tests et de nouvelles technologies sont ajoutés chaque jour, nécessitant des espaces, des protocoles et des personnes spécialisés. Nous sommes formés pour traiter l'enfant qui se trouve devant nous, sans penser aux ressources ou à l'énergie que cela demande ; s'il existe quelque chose qui peut aider, notre travail consiste à y penser et à l'utiliser. Nous ne devons pas nous laisser distraire par des questions plus vastes de qui obtient quoi.

Pendant ce temps, sur d'autres continents, des familles désespérées risquent tout pour fuir des guerres civiles aggravées par une décennie de sécheresse. Dans les endroits où la croissance démographique explose, la plupart des personnes sont trop jeunes pour voter mais pas trop jeunes pour souffrir lorsque surviennent les inondations et les maladies, et des familles entières sont anéanties. D'autres vivent dans la pauvreté économique et spirituelle, parce que les modes de vie traditionnels, les rituels et la société qui les soutenaient sont balayés par l'altération physique d'une planète modifiée par l'humain. Plus près de nous, les incendies, les inondations et les sécheresses font des ravages ; le plastique se dépose partout. Celles et ceux qui sont déjà les plus défavorisés portent le plus lourd fardeau, car les centrales électriques et les industries polluantes souillent leurs quartiers de manière disproportionnée. Partout, les parents s'inquiètent des pesticides, des toxines et de la hausse des températures. Mais nous, nous sommes les gentils. Notre hôpital produit des thérapies de pointe et de petits miracles quotidiens, mais aussi d'énormes quantités de dioxyde de carbone, d'ordures et de déchets toxiques qui menacent l'avenir même pour lequel nous avons travaillé.

La plupart du temps, nous compartimentons ces contradictions. Notre cerveau le permet.

L'Académie Américaine de Pédiatrie a déclaré que le changement climatique est le plus grand problème de santé publique auquel nous sommes confrontés en tant qu'espèce. Cela nous concerne toutes et tous et affectera

les gens partout dans le monde – en premier lieu, les plus vulnérables, et les enfants en particulier. Mais si nous le savons sur le plan intellectuel, et que cela nous fait nous sentir mal, et souvent impuissants, cela n'influence généralement pas notre comportement au quotidien. Le conflit entre ce véritable « problème vicieux » – un problème compliqué, impliquant de nombreux éléments qui se croisent et se contredisent et sans solution simple – et nos valeurs et actions dans nos tâches quotidiennes a été à l'origine de ce livre.

Comme la plupart des prestataires de soins de santé qui s'occupent d'enfants peuvent en témoigner, c'est un privilège extraordinaire, extrêmement gratifiant, d'avoir la possibilité d'aider les patients et leurs familles à traverser des crises médicales. J'ai choisi ma carrière à une époque où le changement climatique n'était pas encore clairement reconnu, mais même à cette époque, les problèmes de la croissance exponentielle de la population et des menaces environnementales me semblaient être les plus fondamentaux à résoudre. L'interdépendance de toutes les formes de vie semble être un fait évident de la biologie, et nous l'ignorons à nos risques et périls. Pourtant, je ne pouvais pas échapper à l'attraction hypnotique de la fascination pour le cerveau – les moyens et les mécanismes qui expliquent pourquoi nous sommes ce que nous sommes. Comme la plupart des neurochirurgiens, je me souviens très bien du premier patient, du premier cas, du moment où j'ai été happée. Aucune autre carrière ne m'aurait permis de vivre l'émerveillement total de voir le cerveau humain en action, de près et de manière tangible, et d'avoir la chance d'améliorer la vie de quelqu'un en écartant une menace pour cette invention, la plus impressionnante de la nature, l'essence même de l'existence d'une personne.

Tout comme les ingénieurs, les artistes et les cuisiniers perçoivent le monde à travers ce qu'ils ont à l'esprit la plupart du temps, les neurochirurgiens sont immergés dans le cerveau – comment il est conçu, comment il se développe, comment il est blessé et réparé, comment il interagit avec le monde pour créer et modifier chaque personne unique à travers toutes les phases et tous les changements de la vie. Nous observons ces phénomènes chez nos patients qui se remettent d'une blessure ou d'une opération, en les regardant grandir quand nous les suivons pour des maladies chroniques, et je les ai vus dans mes recherches en laboratoire sur la récupération et la plasticité du cerveau. Du point de vue de nombre d'entre nous dans les domaines des neurosciences, *tout*, en dernier lieu, est lié au cerveau. Notre façon d'agir, nos choix, nos valeurs, l'histoire même de notre espèce avec tous ses changements accélérés reflétant les progrès de la science et de la technologie – tout cela peut être expliqué à travers le prisme du fonctionnement de notre cerveau.

Le cerveau, comme tout le reste de la biologie, a été conçu sous la tutelle de l'évolution. Il suit certains principes et a des tendances fortes, mais il est aussi particulièrement sensible à la culture et aux circonstances dans lesquelles il se trouve. Nous trouvons gratifiant de nous occuper d'un enfant, et de mettre tout en œuvre pour y parvenir, parce que nous sommes conçus ainsi. S'occuper d'un autre être humain qui se trouve juste en face de nous, déployer des efforts et des compétences pour rendre cette personne meilleure, reflète certaines des façons dont nous avons évolué au cours des millénaires afin de survivre. Mais lorsque l'on considère des questions sociales plus larges, il ne m'a pas semblé surprenant que le changement climatique – sans doute le problème le plus important pour nous en tant qu'espèce – soit un problème particulièrement difficile à résoudre pour nous. Il est facile d'en comprendre les causes à travers le prisme neuronal : nos cerveaux extraordinaires nous ont équipés pour nous adapter, nous étendre et changer le monde à notre avantage immédiat, stimulés par une conception favorisant la prise de décision basée sur les conséquences à court terme. Mais il est plus difficile de s'attaquer au changement climatique ; ce n'est tout simplement pas le genre de problème pour lequel notre cerveau a évolué, pour le percevoir ou le résoudre facilement. En fait, les choix les plus nécessaires à l'heure actuelle pour enrayer les pires trajectoires du changement climatique vont souvent à l'encontre de la façon dont notre cerveau fonctionne.

En 1998, l'écrivain et défenseur de l'environnement Bill McKibben écrivit une série de trois articles pour le magazine *Atlantic,* intitulée « Un moment spécial dans l'Histoire », qui faisait partie d'un aperçu des plus grandes questions du nouveau millénaire.[1] McKibben nota, avec une certaine surprise, que le changement de comportement par rapport à la population semble plus facile que le changement de comportement par rapport à notre consommation incessante, qui est la cause fondamentale de la montée en flèche des niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère qui réchauffe invisiblement notre planète. Il a affirmé que nous ne serions pas en mesure de vivre assez simplement, assez rapidement, pour inverser cette tendance. J'ai pensé : « Bien sûr ! ». La simplification est difficile pour les humains. Ce n'est pas la façon dont notre cerveau fonctionne. Si nous ne comprenons pas cette cause profonde, il sera difficile de changer vers la bonne direction. J'ai réfléchi à ces pensées, sans savoir comment elles pourraient se traduire par une action utile.

Le poids de la contradiction entre la crise imminente du changement climatique et l'intensité exigée par ma carrière d'« un enfant à la fois » et la culture médicale à ressources élevées était devenu suffisamment inconfortable pour qu'au milieu de ma carrière, faire *quelque chose* devienne impératif. En tant que personnes préoccupées par la santé, comment pouvions-nous ignorer ce

problème qui menaçait tout et qui demandait de l'action ? Les mots de mon sage mentor en neurochirurgie pédiatrique, le Dr Luis Schut, qui avait voyagé dans le cadre de missions humanitaires aux quatre coins du monde, ont imprégné ma conscience tout au long de ma deuxième décennie dans le domaine : « Si tous les neurochirurgiens du monde disparaissaient demain dans une bouffée de fumée, le changement ne représenterait qu'une goutte dans le vaste océan de la souffrance humaine ». Il nous disait cela lorsque nous avions tendance à prendre la grosse tête, pour nous rappeler que cette carrière enrichissante, bien que stimulante et de la plus haute importance pour les enfants et les familles que nous servions, n'était pas une entreprise à grande échelle.

Bien entendu, aucun individu ne peut à lui seul résoudre ces problèmes complexes et mondiaux, y compris les inégalités en matière de ressources qui sont à l'origine de tant de misère humaine. Lorsque j'ai demandé l'avis du président du département des sciences de l'environnement de mon *alma mater*, l'université Brown, sur ce que je pouvais faire pour aider dans le domaine urgent du changement climatique, sa réponse a été simple : « Votre meilleure chance d'avoir un impact est de travailler dans votre domaine ». L'exploration des interrelations entre la récompense cérébrale et notre réticence obstinée à adopter un comportement pro-environnemental offrirait-elle des perspectives pratiques qui pourraient nous aider à changer plus facilement ? L'occasion s'est présentée par pure chance lorsque j'ai obtenu une bourse d'un an au Radcliffe Institute for Advanced Study de l'université de Harvard, où j'ai pu poursuivre ces idées tout en étant temporairement déchargée des responsabilités quotidiennes liées aux soins aux patients. À Radcliffe, j'ai rencontré des personnes incroyables, issues de domaines et de perspectives très variés, et ce lieu d'échange libre et interdisciplinaire a constitué un élément inestimable du processus d'exploration et d'affinement de ces idées. J'ai été stupéfaite de constater que même certaines personnes exceptionnellement intelligentes et compétentes, expertes dans des domaines tels que les sciences numériques, n'acceptaient pas ou ne comprenaient pas pleinement qu'un changement de deux degrés de la température moyenne de la planète puisse être significatif ou important. Cela m'a ouvert les yeux et a donné lieu à des discussions animées entre celles et ceux qui étudiaient les questions liées à l'environnement et les autres qui les connaissaient moins et n'en saisissaient pas pleinement les implications. Nous avions toutes et tous beaucoup à apprendre.

Brainstorm, le résultat de cette exploration, aborde une série de questions sur les preuves existantes du lien entre le cerveau et l'environnement, et sur les implications de ce lien pour les actions pro-environnementales. Le point

de départ de ce voyage est né de mes premières recherches, qui utilisaient la stimulation cérébrale profonde pour démêler les rouages du système de récompense du cerveau. Mes recherches ultérieures, axées sur le développement, la plasticité et la réparation du cerveau, ont apporté des dimensions supplémentaires. Une immersion plus récente dans les travaux scientifiques créatifs de mes collègues sur les circuits neuronaux détaillés du système de récompense et son rôle dans la prise de décision, ainsi que sur les troubles psychiatriques et comportementaux liés à la consommation, a offert de nouvelles perspectives sur la manière dont la conception du cerveau, guidée par l'évolution, pourrait en effet être pertinente pour notre crise environnementale.

À partir de son point de départ dans les neurosciences, le chemin de cette exploration s'est étendu à des domaines qui se recoupent en biologie de l'évolution, psychologie, économie, études de consommation, marketing, sociologie, santé publique, développement de l'enfant, éducation, science environnementale et science politique. Pour explorer les liens avec d'autres disciplines, je me suis principalement appuyée sur des recherches publiées dans des sources évaluées par des pairs, car ces études fournissaient les données les plus objectivement vérifiables pour les domaines dans lesquels j'avais moins d'expérience. J'ai également conçu une étude de cas : si l'un des problèmes est que les choix comportementaux nécessaires pour résoudre le problème climatique à court terme ne sont pas très gratifiants du point de vue du cerveau, pouvons-nous aider les gens à changer en faisant des choix plus conformes à ce que notre cerveau conçoit comme gratifiant ? Le projet « Green Children's Hospital », d'hôpital « vert » pour enfants, qui en a résulté était une expérience visant à déterminer jusqu'où cette approche pouvait nous mener, en commençant par un cadre spécifique. Les résultats pourraient peut-être aussi s'appliquer à d'autres contextes et à d'autres échelles.

En fin de compte, les éléments que j'ai trouvés m'ont amené à une conclusion claire sur le cerveau : il s'agit d'un appareil de prise de décision fortement influencé par sa conception évolutive, mais aussi d'une flexibilité remarquable. Nous sommes moins « câblés » que « prédisposés », et nous passons chaque instant à interagir avec ce que nous vivons et à en être modifiés. Nous *pouvons* modifier nos valeurs et nos priorités, ainsi que les choix que nous faisons, mais cela est plus facile à réaliser dans certaines circonstances que dans d'autres.

Le voyage qui suit – reliant la conception du cerveau à notre crise climatique – n'est pas simple, et les lecteurs et lectrices pourront trouver que certaines parties sont difficiles et techniques, tandis que d'autres sont plus faciles à parcourir et plus divertissantes. Grâce à cette exploration, j'ai acquis un sentiment encore plus grand d'admiration pour le cerveau, ainsi que du

respect pour l'idée que nous avons tout intérêt à reconnaître comment la conception du cerveau nous contraint et nous libère à la fois. La compréhension de ces principes peut nous aider à modifier notre propre comportement et à encourager plus efficacement les autres à modifier le leur, de manière à nous faire progresser.

Il y a quelques années, une famille m'a envoyé une photo de leur enfant. J'avais pratiqué une opération risquée pour déconnecter et désactiver une moitié entière de son cerveau, afin d'essayer d'arrêter les crises qui lui volaient lentement son langage, sa force et son intelligence. Heureusement, après l'opération, ses crises ont complètement cessé. Pendant sa convalescence, même s'il était encore faible, il était déterminé à gravir les nombreuses marches jusqu'au sommet d'une tour de guet locale. La photo montre l'enfant regardant du haut de la tour les vastes forêts de la Nouvelle-Angleterre qui s'étendent à l'horizon. Dans le mot d'accompagnement, sa mère expliquait qu'elle voulait partager cette photo parce que pour elle, elle représentait son fils regardant son nouvel avenir, un avenir sans crises. Mais je me suis dit que nous devions donner à tous les enfants un avenir dans lequel ils puissent se projeter – nous devons leur transmettre une planète qu'ils puissent habiter. Ces forêts spectaculaires et tout ce qu'elles représentent ne dureront pas sans nos efforts. C'est aussi notre travail. J'espère que le voyage entrepris dans le cadre de *Brainstorm* contribuera à offrir une certaine perspective, un certain espoir et des idées sur les moyens de relever ce défi majeur, un défi que nous devons relever ensemble, quoi que nous fassions par ailleurs.

Introduction

Le cerveau humain et le changement climatique

Le fils de John Holter était à nouveau malade. Le garçon était né avec une myéloméningocèle, une ouverture du canal rachidien vers le monde extérieur. Cette anatomie anormale perturbe la circulation du liquide dans le cerveau et la colonne vertébrale, de sorte qu'il s'accumule à l'intérieur de la tête, provoquant une pression potentiellement mortelle. Bien que ce trouble, l'hydrocéphalie, ait été reconnu par les médecins de la Grèce antique, il n'existait toujours pas de traitement efficace dans les années 1950. Les tubes artificiels utilisés pour dériver l'excès de liquide de la tête du petit Casey Holter vers son petit cœur ne drainaient généralement pas assez ou trop, provoquaient des inflammations dans les tissus adjacents ou se bouchaient tout simplement, chaque échec entraînant une nouvelle crise pour le petit garçon.

Le père de Casey, John, était un mécanicien de précision pour la société Yale Lock. Son cerveau était en mission. Les longues heures passées au chevet de son fils, nourries par ses connaissances en mécanique, l'ont amené à remarquer la qualité spongieuse de la tubulure intraveineuse utilisée pour administrer les médicaments à Casey. Cette observation conduisit John Holter à chercher un matériau possédant les propriétés mécaniques précises qu'il pensait nécessaires pour sauver la vie de son fils. À force de chance et de

persévérance, il trouva ce qu'il cherchait : un matériau en silicone appelé Silastic, utilisé dans l'industrie aérospatiale. De retour dans son atelier, avec l'aide des neurochirurgiens de Casey, il conçut et fabriqua une valve et un cathéter en Silastic qui permettaient de dériver le liquide cérébral vers le cœur sans les complications potentiellement mortelles de tous les traitements antérieurs de l'hydrocéphalie. Aujourd'hui, les implants médicaux Silastic sont utilisés pour traiter une multitude de maladies, grâce à la capacité de résolution des problèmes, à la ténacité et à la détermination de John Holter.[1]

Des peintures rupestres à *Beowulf*, en passant par les symphonies classiques, le Rover de Mars et le décodage du génome humain, le cerveau humain a fait preuve d'une créativité et d'une capacité de résolution de problèmes extraordinaires. Nous avons évolué avec une capacité inégalée à identifier et à relever avec succès les défis qui menacent notre survie, un avantage qui sous-tend notre capacité unique à habiter et à peupler de manière exponentielle tous les coins de la planète.

Mais nos cerveaux extraordinaires ne résolvent pas tous les problèmes de la même manière. L'histoire de notre évolution nous a équipés pour percevoir, hiérarchiser et trouver des solutions à certains types de problèmes plus facilement qu'à d'autres, et il y en a certains pour lesquels nous sommes des novices mal adaptés. Dans toutes nos activités, nous sommes guidés par un mécanisme interne extraordinaire qui évalue, seconde après seconde, nos actions par rapport à une panoplie changeante de récompenses humaines. Ce mécanisme complexe, affiné par des millions d'années d'histoire mais flexible par nature, attribue une valeur à nos choix et nous guide à l'aide d'éléments électrochimiques qui sont finement conçus sous l'influence de la pression évolutive pour être fugaces. C'est la compréhension de ce mécanisme et de son interaction avec nos décisions humaines en matière de changement climatique que nous allons chercher à comprendre dans cette exploration.

La science, l'industrie, la technologie, la politique, l'économie, l'extractivisme – le changement climatique concerne toutes ces choses et bien d'autres encore. Ses causes et sa portée sont aussi vastes que le monde et aussi profondes que l'histoire. Mais en fin de compte, le changement climatique est lié au comportement humain. Le cerveau humain représente à la fois la cause et la solution potentielle de ce « grand défi ». Les détails scientifiques des modèles prédictifs peuvent être débattus dans cette arène sans précédent, mais la réalité du changement climatique et le rôle prééminent de l'activité humaine sont largement acceptés dans le monde entier. La dégradation de l'environnement affecte déjà gravement les populations les plus vulnérables de la société ; il est bien avancé dans son inexorable démantèlement des écosystèmes et des populations dans le monde entier.

Notre capacité supérieure à résoudre les problèmes à court terme nous a conduits au changement climatique comme un effet secondaire imprévu de notre inventivité ; à l'inverse, les formes persistantes du comportement humain restent le principal obstacle à la résolution de la crise environnementale. Si notre cerveau est si capable et si adaptable, comment se fait-il qu'en moyenne nous ayons du mal à reconnaître et à réagir efficacement à un démantèlement environnemental qui s'accélère, qui s'accompagne de délais critiques et dont on sait qu'il s'aggrave régulièrement depuis plus d'un demi-siècle ? La cause du problème n'est pas obscure : les pays industrialisés à haut revenu contribuent plus que quiconque dans le monde à l'accumulation mondiale de gaz à effet de serre et à d'autres aspects de la dégradation de l'environnement par le biais d'une consommation toujours plus importante. Malgré cela, nos comportements individuels et collectifs ont été lents à changer en réponse aux conséquences de plus en plus urgentes de notre mode de vie et des décisions que nous prenons individuellement, institutionnellement et politiquement. L'hypothèse que nous allons explorer ici est que, pour comprendre le paradoxe de notre inactivité face à ce problème mondial du changement climatique, nous devons nous pencher sur le fonctionnement de notre cerveau. Ces connaissances – sur la façon dont le cerveau humain perçoit et aborde certains types de défis, en particulier ceux qui nécessitent une réévaluation des choix guidés par le système de récompense humain – offrent un potentiel de changement et des raisons d'espérer.

Ce livre peut intéresser celles et ceux qui tentent de comprendre comment et pourquoi notre comportement a conduit à la crise environnementale actuelle, celles et ceux qui sont frustrés par le fait que les gens « ne changent tout simplement pas », qui se demandent ce que nous pouvons réellement faire pour améliorer la situation, qui veulent savoir ce qui s'est avéré le plus efficace pour faciliter le changement, et celles et ceux qui craignent que le changement ne puisse être accompli sans sacrifier le « bonheur » tel que nous le connaissons. Nous rassemblerons des preuves provenant d'une variété de domaines scientifiques sur les impacts, les stratégies et les solutions concernant le changement de comportement et l'environnement, et nous les évaluerons à travers le prisme de la conception et du fonctionnement du cerveau humain.

Des changements à court terme construits sur un cerveau conçu pour le long terme

Les solutions technologiques, comme les nouvelles sources d'énergie et les approches techniques d'atténuation, sont clairement essentielles pour ralentir

l'accélération de l'accumulation des gaz à effet de serre ; elles font l'objet d'efforts intenses dans les laboratoires de recherche du monde entier. Prioriser et adopter ces nouvelles technologies nécessitera des changements de comportement manifestes et à grande échelle, notamment des révolutions dans les infrastructures, les institutions et les économies. Mais changer les institutions à grande échelle prendra du temps, et selon les meilleures prévisions actuelles sur le changement climatique, un temps illimité n'est pas ce dont nous disposons avant de procéder à des changements essentiels de notre comportement.

Au cours des décennies critiques de la première moitié du XXIe siècle, avant que nous ne puissions remanier nos infrastructures physiques et économiques pour que la technologie puisse nous tirer d'affaire, le maintien du changement climatique à un niveau qui laisse une chance d'éviter les pires synergies catastrophiques nécessite une transition vers une consommation réduite qui puisse être adoptée rapidement, largement, à moindre coût et facilement. De nombreux travaux de recherche suggèrent que des mesures relativement simples, qui existent déjà pour réduire les déchets, substituer des comportements différents pour accomplir des tâches dans les sphères privées et professionnelles, et réduire la consommation dans des catégories spécifiques des habitants des pays à revenu élevé, pourraient être le moyen le plus efficace, et peut-être le seul réaliste, de combler cet écart de production de carbone. Selon ces spécialistes, cela ne résoudra pas le problème, mais la mise en place de telles mesures peut entraîner une stabilisation suffisante du climat pour maintenir un monde relativement résilient et reconnaissable.[2] En outre, ces changements ne doivent pas nécessairement réduire de manière drastique notre qualité de vie. Mais ils nécessitent des *changements*.

L'identification de l'inadéquation entre l'ampleur de la menace de dégradation de l'environnement, l'échelle et le rythme de la réponse n'est pas nouvelle. Les preuves scientifiques du changement climatique et d'autres formes croisées de dommages environnementaux sont diffusées à un niveau de plus en plus élevé depuis des décennies, et le pourcentage de personnes dans le monde qui affirment qu'il s'agit d'une préoccupation majeure a également augmenté. L'accélération des extinctions et de la perte de biodiversité, l'augmentation de l'occupation des sols et de la déforestation, l'aggravation des pénuries d'eau et de l'acidification des océans, les effets sur la santé des « produits chimiques éternels », les microplastiques dans l'océan et sur les sommets des montagnes, et d'autres paramètres de l'influence délétère des humains se disputent l'attention. L'« éco-anxiété » est un diagnostic de plus en plus reconnu. Mais la prise de conscience du fait que les changements de comportement nécessaires pour résoudre ces problèmes poseraient des défis uniques a suivi un cours plus sinueux.[3]

Le changement climatique, en particulier, joue sur nos faiblesses. Nos difficultés à percevoir le changement climatique ont fait couler beaucoup d'encre, en partie à cause des incohérences dans les informations que nous recevons et aussi à cause de la tendance bien étudiée à ignorer les événements qui semblent se produire dans un avenir lointain ou dans des lieux géographiquement éloignés.[4] Ces erreurs heuristiques, lorsque nous « raccourcissons » des décisions complexes impliquant une incertitude pour les rendre plus faciles à prendre, ont joué un rôle important dans notre dilemme. Comme nous le verrons, il existe d'autres caractéristiques clés du changement climatique pour lesquelles notre équipement neuronal hérité a une perception limitée. Pourtant, les problèmes environnementaux deviennent de plus en plus évidents pour un plus grand nombre de personnes, à mesure que leurs conséquences se répercutent sur la vie quotidienne d'une plus grande partie du monde et que les voix toujours plus fortes des mouvements sociaux en expansion les portent à notre attention. Mais au-delà de nos difficultés à reconnaître le problème, notre ingénierie neuronale aide à expliquer pourquoi nous avons des difficultés spécifiques à mettre en œuvre les comportements mêmes que nous devons changer. Nous montrerons ici que cela se produit parce que, en bref, du point de vue du cerveau, les comportements requis pour ce problème inédit *ne sont tout simplement pas très gratifiants.*

Un problème mondial comme le changement climatique se pose à une échelle et avec une complexité telles qu'il est difficile de savoir par où commencer, ou qui doit faire quoi, à quel niveau de la société. L'augmentation sans précédent de la population humaine constitue un facteur évident de stress environnemental. Mais en termes d'impact cumulatif, c'est l'augmentation sans précédent de la consommation par habitant dans les pays à revenu élevé du monde, avec l'augmentation conséquente des émissions de combustibles fossiles et autres déchets, qui a accéléré le processus jusqu'à atteindre des niveaux critiques. Mais pour beaucoup de gens, même ce que l'on entend exactement par « consommation » dans ce contexte et la façon dont nous allons la changer semblent amorphes et incertains. Et pour la plupart d'entre nous, consommer moins ne nous semble pas intrinsèquement satisfaisant.

Il est tout à fait possible d'affirmer que nous avons été confrontés à d'autres grands défis qui ont exigé des révisions majeures de l'ordre social et des normes comportementales. Dans l'histoire des États-Unis, les changements d'attitude et de comportement en réponse à l'industrialisation, à l'inégalité raciale et aux droits des femmes se sont répandus socialement par à-coups, trébuchant progressivement vers une masse critique soutenant une nouvelle normalité. Les pandémies mondiales ont provoqué des changements spectaculaires dans la vie quotidienne, ainsi que des pivots remarquables dans

les sciences et technologies ciblées. Bien que ces problèmes soient difficiles et encore loin d'être en voie de rémission, ils présentent des caractéristiques que nous sommes en mesure de reconnaître, et nous pouvons généralement associer des actions individuelles, morales et politiques à des solutions potentielles. En ce qui concerne l'action contre le changement climatique, l'actualisation et d'autres raccourcis psychologiques ralentissent notre progression. Mais les obstacles proviennent également d'une discordance entre la façon dont nos cerveaux ont été conçus par l'évolution pour peser les décisions basées sur les pressions de survie à une autre époque de l'histoire, par rapport aux changements de comportement requis pour cette crise unique aujourd'hui. Nous *pouvons* prendre des mesures pour éviter les pires conséquences possibles, mais les solutions, surtout dans les délais requis, ne nous viennent pas naturellement. Notre cerveau est peut-être mieux équipé pour nous donner un sentiment d'efficacité et de positivité en envoyant de l'argent aux victimes des inondations qu'en nous engageant dans les types de changements de comportement qui contribueraient à prévenir la cause de leur souffrance. Pourtant, il existe peut-être des moyens d'accélérer le rythme si nous savons pourquoi ces changements sont particulièrement difficiles et si nous pouvons mettre en œuvre des stratégies qui ont fait leurs preuves pour les rendre plus faciles.

Mais le changement n'est pas purement rationnel. Pourquoi les gens n'attachent-ils pas leurs enfants en voiture ? Pourquoi les motocyclistes ne portent-ils pas tous un casque ? Pourquoi les personnes aux conduites addictives ne les arrêtent-elles pas ? Pourquoi ne pouvons-nous pas faire ce qu'il faut pour arrêter de détruire notre planète pendant que nous en avons encore la possibilité ?

De nombreux domaines d'étude ont tenté de répondre aux questions relatives aux changements de comportement difficiles, de la santé publique, à l'économie, la psychologie ou la science politique. En ce qui concerne le changement climatique, il faut prendre des décisions différentes avec des priorités définies différemment, non seulement au niveau des individus dans leur vie privée et professionnelle, mais aussi dans leurs rôles politiques, de dirigeants et en tant qu'influenceurs de mouvements sociaux. Il faut un changement de priorités pour les personnes qui prennent des décisions en tant que dirigeants d'entreprises, planificateurs dans l'industrie, financiers et économistes, journalistes, personnalités médiatiques, électeurs, titulaires de mandats et responsables politiques. Mais quelle que soit l'échelle d'influence, l'unité de base du changement de comportement se produit personne par personne.

Il est bien sûr vrai qu'une personne – un écrivain persuasif, une oratrice inspirante, une graphiste ou un leader institutionnel – peut en influencer

beaucoup d'autres. Nous concentrons ici notre attention sur les mécanismes neuronaux par lesquels la personne destinatrice d'une nouvelle information ou de nouvelles circonstances modifie les calculs par lesquels les décisions sont prises, afin de mieux comprendre les éléments qui entrent dans le changement, et ceux qui tendent à avoir la plus grande influence, à l'échelle de l'individu ou du groupe. Si de nombreux chercheurs et chercheuses ont décrit les raisons pour lesquelles les gens ont du mal à percevoir l'importance du changement climatique, un plus petit nombre a étudié ce qui fonctionne le mieux pour modifier réellement le comportement afin de faciliter les choix ayant un impact plus direct sur le problème climatique lui-même. Encore moins nombreux sont celles et ceux qui ont appliqué le prisme des neurosciences pour comprendre si les changements de comportement nécessaires pouvaient être facilités en travaillant avec, plutôt que contre, la conception fonctionnelle du cerveau. Qu'est-ce qui, dans le fonctionnement du cerveau, rend ce problème difficile pour nous, et comment pouvons-nous utiliser au mieux ces informations pour nous aider à avancer dans une direction plus efficace ?

Le cerveau, au cœur du défi climatique

Le changement climatique est un problème énorme, aux multiples facettes, et il va sans dire que les différentes disciplines envisagent le problème et ses solutions potentielles du point de vue de leur domaine. Les ingénieurs perçoivent un problème de conception, les économistes voient les marchés et les ressources, les spécialistes de l'environnement trouvent des réponses dans les puits de chaleur et les carottes de glace, les spécialistes des sciences sociales voient les flux d'informations et les inégalités entre les groupes. Chaque domaine apporte une contribution essentielle à la compréhension et à la recherche de solutions.

La plupart des recherches sur les changements de comportement liés à l'environnement proviennent du domaine de la psychologie, les chercheurs et chercheuses travaillant souvent de concert avec des économistes et des scientifiques d'autres disciplines. Alors que les expériences classiques de psychologie étudient le comportement observé dans un laps de temps et des circonstances spécifiques, les approches connexes et superposées des neurosciences étudient le fonctionnement du système nerveux au niveau des cellules, des molécules et des gènes. La psychologie décrit le comportement dans des situations spécifiques, tandis que les neurosciences fournissent des informations complémentaires sur la cohérence ou la malléabilité du

comportement, en fonction de la plasticité et de l'adaptabilité inhérentes à la conception même du cerveau. La question de savoir si les changements de comportement sont susceptibles de constituer un outil efficace dans la lutte contre le changement climatique ne peut être résolue que si l'on connaît l'impact environnemental de comportements spécifiques, la flexibilité des personnes à faire des choix différents et la probabilité qu'un nombre suffisant de personnes soient influencées pour modifier leur comportement dans une direction particulière.

Historiquement, les neurosciences ne se sont pas beaucoup intéressées au changement climatique, mais le domaine est imprégné de l'étude des comportements qui sont pertinents pour ce problème. Les cliniciens qui exercent dans les spécialités basées sur les neurosciences traitent régulièrement des troubles qui impliquent des comportements adaptatifs et anormaux dirigés vers un but, l'influence de l'expérience et de la plasticité neuronale sur le fonctionnement du cerveau, et d'autres manifestations de l'intersection du cerveau et du comportement. S'appuyant sur des travaux minutieux en neurosciences fondamentales, ils traitent les pulsions qui sont « déséquilibrées » – excessives dans les addictions, dysfonctionnelles après une atteinte des réseaux de motivation et de récompense – et nécessitent des stratégies de changement de comportement. À titre d'exemple assez frappant, les patients atteints de la maladie de Parkinson dont les doses de médicaments ou les stimulateurs cérébraux profonds destinés à contrôler les tremblements sont trop élevés peuvent devenir des joueurs ou des acheteurs compulsifs. Ces troubles mettent en lumière les circuits et la modulation des réseaux cérébraux sains et « pathologiques » qui influencent la volonté de consommer.

Dans d'autres contextes, les cliniciens observent quotidiennement l'étonnante résilience de l'ensemble des pulsions et des motivations de l'être humain, affinées également par des millions d'années d'évolution du système nerveux. L'être humain est récompensé par l'agentivité, c'est-à-dire le sentiment d'accomplissement que procure la réussite d'une tâche. Il est presque certain que l'agentivité a poussé John Holter à prendre les choses en main et à trouver une solution tangible à un problème d'une importance capitale pour lui. Mais comme nous le verrons, la perception de l'agentivité dans le cadre d'une action en faveur du changement climatique est un défi neuronal plus difficile à relever.

D'autres récompenses médiées par le cerveau sont tout aussi essentielles à l'histoire humaine. Les récompenses sociales sont parmi les plus puissantes jamais identifiées. Et les enfants sont particulièrement récompensés lorsqu'ils satisfont leur désir inné d'exploration, d'apprentissage et d'expérience. Même après une intervention chirurgicale majeure, ce que les enfants désirent le plus, c'est aller dans la salle de jeux et chercher des jouets ; il a été démontré que la

distraction par la nouveauté (plus récemment, par des iPads dans la salle de réveil) est plus efficace que les narcotiques pour réduire la douleur.[5] Des données démontrent que l'exposition à la nature est gratifiante, mais que cette gratification diffère fondamentalement de celle de l'acquisition et de la consommation. Nous allons explorer ces caractéristiques neuronales plus en détail afin d'apprendre quels facteurs facilitent différents types de changement de comportement, y compris ceux qui pourraient avoir des conséquences environnementales.

Ce livre est né d'un voyage particulier sur le thème du comportement respectueux de l'environnement du point de vue d'une clinicienne-scientifique axée sur le cerveau, notamment dans le domaine de la neurochirurgie. Il n'est pas surprenant que les personnes travaillant dans ce domaine aient tendance à penser que *tout* tourne autour du cerveau – mais est-ce utile ? D'un point de vue centré sur le cerveau, les problèmes liés au comportement, comme le changement climatique, reflètent la conception de l'équipement que nous utilisons pour interagir avec le monde et l'influencer. Les solutions peuvent être améliorées en tenant compte d'une explosion de nouvelles connaissances issues des neurosciences sur la façon dont cet équipement fonctionne à un niveau fondamental, et comment il est ou n'est pas adapté aux diverses réponses à apporter.

Cette exploration tente donc de déterminer, d'un point de vue neurobiologique, si les connaissances issues de l'intersection des neurosciences et des sciences du comportement peuvent contribuer à l'élaboration de stratégies visant à promouvoir le changement individuel et collectif pendant la brève période de temps disponible pour modifier notre trajectoire globale. Du point de vue des neurosciences, les décisions sont arbitrées par le système de récompense du cerveau, avec des entrées provenant d'une grande variété d'influences internes et externes. Les décisions et les priorités du cerveau ne sont pas prédéterminées par des gènes ou un programme inaltérable, et elles diffèrent d'une personne à l'autre. Notre équipement neuronal est conçu de manière remarquable pour répondre à des conditions changeantes, mais avec certaines prédispositions et limites. Comprendre la conception évolutive et le fonctionnement du système de récompense du cerveau dans la prise de décision peut nous aider à comprendre les choix que les humains ont tendance à faire dans le domaine de l'environnement – et surtout, à quel point ces choix peuvent être malléables. Bien que nous ayons des tendances communes à nous comporter d'une certaine manière, nous sommes également conçus pour être différents les uns des autres, car c'est la meilleure façon de résoudre les problèmes de la société et de survivre. En outre, notre conception neuronale inclut la caractéristique d'être hautement adaptable à des types spécifiques de nouvelles

circonstances – bien qu'il existe certaines stratégies auxquelles nous pouvons faire appel pour nous adapter plus facilement. Quels sont les comportements qui contribuent le plus à la dégradation de l'environnement ? Qu'est-ce qui fonctionne et ne fonctionne pas pour changer les comportements, et pourquoi ? Dans quelle mesure l'appareil décisionnel du cerveau humain est-il fixe ou flexible ? Comment la façon dont nous vivons aujourd'hui s'entrecroise-t-elle avec notre équipement hérité pour aggraver les choses ? Et enfin, si le système de récompense est un médiateur important pour le comportement affectant le changement climatique, nous devrions être en mesure de créer un test pour évaluer cette hypothèse. Plus précisément, pouvons-nous réussir à influencer les responsables politiques au niveau institutionnel pour rendre un comportement pro-environnemental plus probable, en le rendant plus gratifiant ?

Et si nous ne changeons pas ?

Les bulles d'air piégées dans les carottes de glace de l'Antarctique remontant à 650 000 ans contiennent des niveaux de dioxyde de carbone atmosphérique de 180 à 300 parties par million (ppm). Des mesures géochimiques indirectes effectuées à partir des isotopes du carbone suggèrent que le carbone atmosphérique n'a pas dépassé de beaucoup les 300 ppm au cours des 34 derniers millions d'années.[6] En 2016, les mesures quotidiennes effectuées à l'observatoire de Mauna Loa à Hawaï ont dépassé les 400 ppm, et le CO_2 poursuit son augmentation régulière qui a commencé pendant la révolution industrielle et s'est encore accentuée après 1950. Le réchauffement qui en résulte a déjà entraîné de profonds changements météorologiques, une élévation du niveau de la mer, la fonte des glaciers, le dégel du permafrost, ainsi que des inondations, des sécheresses et des incendies qui contribuent aux pénuries alimentaires, aux maladies, aux migrations, aux conflits et aux guerres. L'expansion considérable de l'utilisation des terres par l'humain, due à l'augmentation de la population et aux demandes agricoles et industrielles qui en résultent, réduit la capacité d'absorption du CO_2 par les terres non perturbées, diminue la biodiversité, bouleverse les cycles naturels interdépendants, réduit la capacité des espèces à migrer pour échapper à des habitats défavorables et crée une boucle de rétroaction de la dégradation écologique. Étant donné que le CO_2 libéré reste dans l'atmosphère pendant des dizaines de milliers d'années, la plupart des climatologues affirment qu'à moins que nous ne trouvions des moyens de mettre un terme aux émissions de combustibles fossiles qui continuent d'élever la température de la terre à

des taux extraordinairement rapides, au-delà de ce que la plupart des adaptations biologiques sont capables de supporter, l'avenir devrait être très différent de tout notre passé. Plus d'un million d'espèces ont déjà été victimes de ces changements.[7] Alors que les conditions se rapprochent rapidement de celles de l'Éocène, le réseau biologique interdépendant subit de profondes perturbations, ce qui fait douter certains spécialistes de la stabilité à long terme des sociétés humaines.[8] Par le passé, nous nous sommes sortis de situations difficiles grâce à l'ingéniosité et à la technologie. Dans le cas des pandémies, les épidémiologistes parlent d'« aplatir la courbe », c'est-à-dire de ralentir suffisamment les choses pour que les pires scénarios ne dépassent pas notre capacité à y faire face. Il semble que nous soyons pris dans une course contre la montre similaire pour modifier notre comportement sur des *décennies*, dans l'espoir de donner à la science et à la technologie, à la politique et à l'économie un peu de répit pour trouver des solutions à plus long terme, compte tenu du temps qu'il faudra pour amener les individus et les gouvernements à coopérer et à instaurer des changements à grande échelle. Mais même à plus petite échelle, le changement de comportement est difficile, et nous avons besoin de toutes les connaissances que nous pouvons apporter au problème.

Ce livre est donc un voyage à la recherche de réponses à ces questions. Comme ce lien entre la neurobiologie et le changement climatique est un chemin relativement inexploré, nous ne trouverons pas de réponse claire à chaque question. Nous ne serons pas en mesure de sonder les profondeurs de tous les domaines – neurosciences fondamentales, biologie évolutive, psychologie animale et humaine, économie comportementale, développement de l'enfant, sociologie, comportement des consommateurs, science de l'environnement et autres domaines dont nous croiserons les avancées scientifiques en cours de route. Mais nous pouvons utiliser certaines découvertes pertinentes de chaque domaine comme exemples de principes généraux qui peuvent guider notre progression. La relation entre les domaines ne sera pas uniforme et linéaire, et notre chemin reviendra de temps en temps sur des terrains que nous avons déjà couverts, pour trouver les liens entre ces corps de connaissances. Notre exploration englobera le voyage parallèle de l'évolution humaine et les raffinements successifs du fonctionnement du cerveau humain, qui nous éclaireront sur la façon dont nous en sommes arrivés là et sur la façon dont nous pourrions utiliser ces informations pour nous aider à changer de cap.

Nous nous engageons sur cette voie pour vérifier si elle offre quelque chose de valable pour nous aider à répondre plus efficacement à cette crise contrariante de notre époque. Dans un premier temps, nous commencerons notre histoire ensemble à la naissance de la Terre.

Partie 1

Origines neuronales

1

L'évolution du cerveau et l'Anthropocène

On estime que notre planète a environ 4,5 milliards d'années, tandis que les humains anatomiquement modernes sont apparus il y a environ 200 000 ans.[1] La Terre existe depuis plus de 30 000 fois plus de temps que les humains. Bien que nous soyons des résidents relativement récents de notre monde, nous sommes conçus et construits sur un cadre évolutif qui a précédé notre espèce de plusieurs milliards d'années, façonnés par des forces biologiques bien différentes des défis auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui. Nous vivons actuellement dans une période de l'histoire de la Terre que l'on a appelée l'Anthropocène – l'ère géologique des changements induits par l'humain dans le monde physique et son atmosphère.[2] Pourtant, nos cerveaux ont évolué pour surmonter des défis très différents de ceux auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui. Si le changement climatique peut sembler être un processus lent et progressif par rapport à la durée de notre propre vie, il s'est produit de manière extraordinairement rapide par rapport à la très longue durée de vie de la planète et des formes de vie qu'elle abrite, y compris les humains. Ainsi, la conception de notre cerveau, façonné au cours de sa longue histoire par différentes pressions évolutives pour la survie, n'a pas eu le temps d'évoluer pour relever le défi très récent et sans précédent du changement climatique, l'aspect le plus important de l'Anthropocène induit par notre espèce. Comprendre pourquoi et comment notre cerveau fonctionne comme il le fait peut nous aider à trouver les stratégies les plus efficaces pour modifier notre comportement afin de faire face à une menace aussi dangereuse et nouvelle.

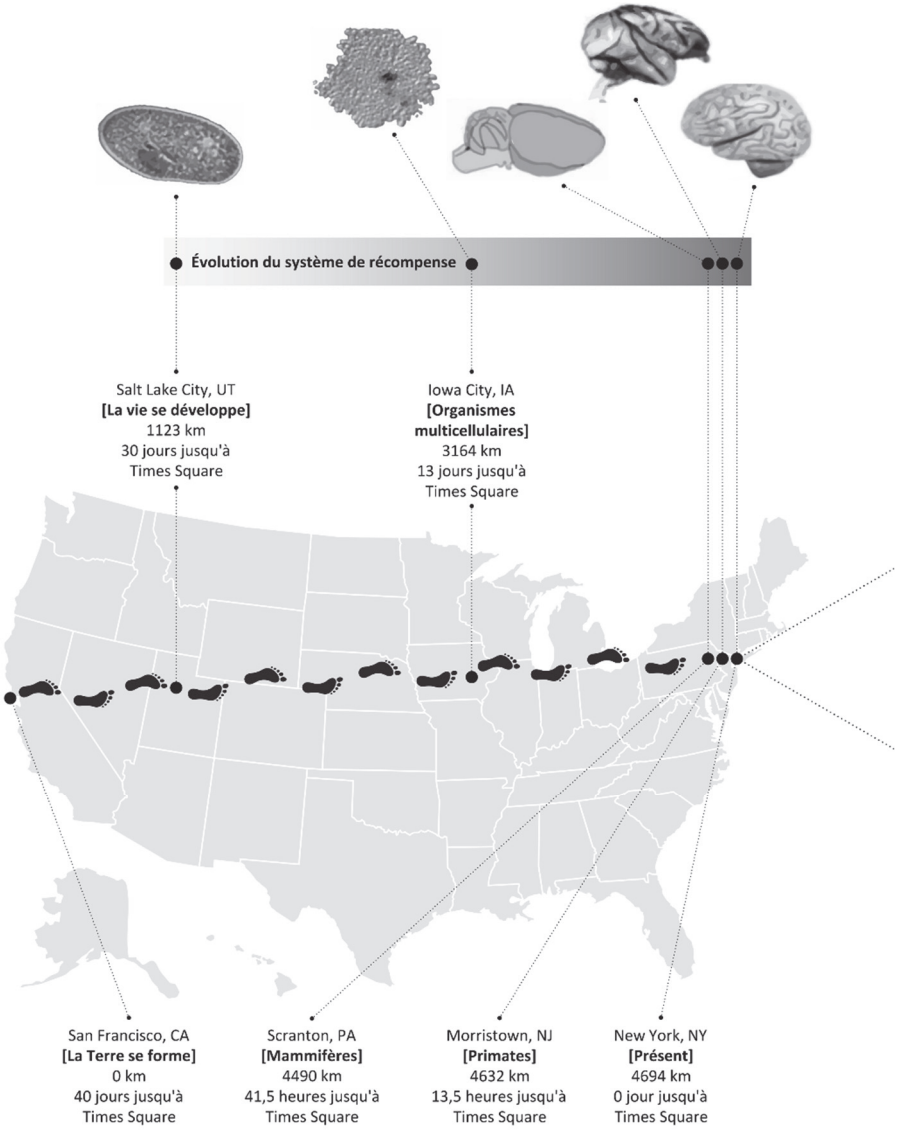
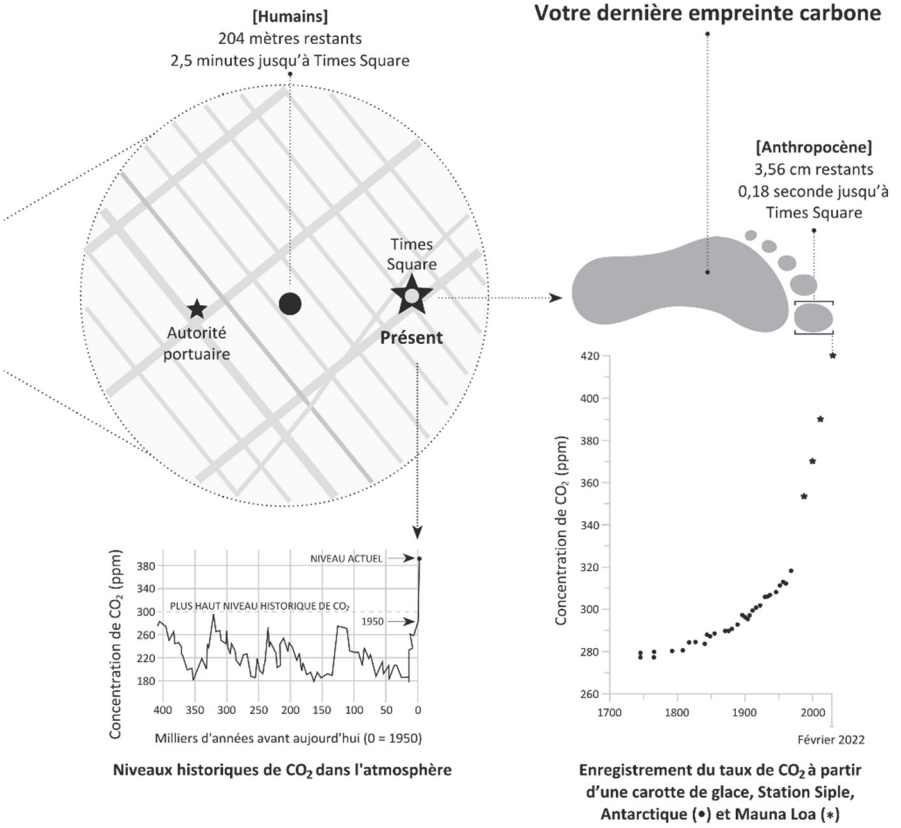

Évolution du système de récompense
Salt Lake City, UT
[La vie se développe]
1123 km
30 jours jusqu'à
Times Square
Iowa City, IA
[Organismes multicellulaires]
3164 km
13 jours jusqu'à
Times Square
San Francisco, CA
[La Terre se forme]
0 km
40 jours jusqu'à
Times Square
Scranton, PA
[Mammifères]
4490 km
41,5 heures jusqu'à
Times Square
Morristown, NJ
[Primates]
4632 km
13,5 heures jusqu'à
Times Square
New York, NY
[Présent]
4694 km
0 jour jusqu'à
Times Square

Fig. 1 | Chronologie de l'évolution du cerveau comparée à l'Anthropocène, l'ère du changement climatique causé par l'activité humaine et d'autres altérations anthropiques. L'histoire de la Terre depuis sa création jusqu'à aujourd'hui est représentée comme une promenade de quarante jours entre San Francisco (la Terre vient de se former) et le célèbre quartier new-yorkais, Times Square (aujourd'hui). L'évolution des différentes formes de vie, accompagnée de l'évolution du cerveau, est représentée sur la ligne du temps et en haut de la figure. L'Anthropocène commence lorsque le gros orteil touche le sol lors de la dernière étape, ou les dernières 0,18 secondes, de la marche de quarante jours. Les changements correspondants du carbone atmosphérique apparaissent sous les lignes de temps élargies figurant dans les encarts à l'extrême droite. Le carbone atmosphérique a continué à augmenter fortement depuis que ces graphiques ont été réalisés, atteignant 419 ppm en février 2022 à l'observatoire Mauna Loa à Hawaï.



Niveaux historiques de CO_2 dans l'atmosphère

Enregistrement du taux de CO_2 à partir d'une carotte de glace, Station Siple, Antarctique (•) et Mauna Loa (∗)