

Neurobiologie : étude de cas sur la militarisation imminente de la biologie

Mark Wheelis et Malcolm Dando*

Mark Wheelis est maître de conférences en microbiologie à l'Université de Californie, Davis, CA (USA), et Malcolm Dando est professeur de sécurité internationale à l'Université de Bradford (UK) et directeur du Bradford Disarmament Research Centre.

Résumé

La révolution que connaît la biologie, notamment les avancées en génomique, va permettre de réaliser de rapides progrès dans le traitement des maladies mentales, en accélérant la découverte de ligands extrêmement spécifiques agissant sur des voies neurologiques précises. La discussion porte sur le statut des sciences du cerveau et leur utilisation potentielle à des fins militaires, dans le but d'améliorer les performances des soldats, de mettre au point de nouvelles armes et de faciliter les interrogatoires. Si ces applications voient le jour, elles vont aussi donner plus de moyens d'action aux tortionnaires, aux dictateurs et aux terroristes. Les auteurs présentent plusieurs méthodes générales visant à juguler les applications pernicieuses de la biologie et concluent que le succès ou l'échec de ces tentatives dépendra dans une large mesure de la participation active des communautés scientifique et médicale

.....

La révolution qui se produit en biologie, symbolisée par l'achèvement du Projet du Génome Humain, offre indéniablement un énorme potentiel bénéfique – par exemple le développement de médicaments plus efficaces et plus sûrs. Néanmoins, de graves préoccupations ont été exprimées quant aux conséquences qu'aurait un détournement de ces nouvelles possibilités à des fins hostiles. Comme l'a déclaré le professeur Meselson, titulaire de la chaire Thomas Dudley Cabot de l'Université d'Harvard en sciences naturelles: « ...un monde dans lequel ces possibilités seraient largement utilisées à des fins hostiles serait un monde dans lequel la nature même du conflit aurait radicalement changé. Il ouvrirait des perspectives sans précédent de violence, de contrainte, de répression ou d'asservissement... »¹

* Une première version de cette analyse a été présentée lors du 20^e Atelier du groupe d'étude sur les armes chimiques et biologiques des Conférences Pugwash sur la société et les affaires internationales, Genève, 8-9 novembre 2003.

Lorsque de nouvelles préoccupations au sujet de la guerre biologique réapparurent au milieu des années 90, certaines publications diffusèrent les premières réflexions sur la façon dont des agents microbiologiques traditionnels pourraient être modifiés par le génie génétique,² pour produire à long terme de nouveaux types d'agents.³ Par la suite, des études ont porté sur d'autres types d'agents, tels les biorégulateurs, qui pourraient être utilisés de manière abusive.^{4,5} Plus récemment, une analyse a montré comment des agents traditionnels, des agents traditionnels modifiés, puis des agents biologiques sophistiqués – ayant pour cible des processus physiologiques spécifiques – pourraient constituer tour à tour de réelles menaces au cours de ces prochaines décennies.^{6,7}

Fin 2003, le bureau des questions transnationales (*Office of Transnational Issues*) de l'Agence américaine de renseignement (CIA) lança un avertissement plus pessimiste que ceux des organisations académiques ou non gouvernementales au sujet de l'avenir des armes biologiques. Le rapport en question, intitulé *The Darker Bioweapons Future*, affirmait que « [u]ne meilleure compréhension des voies biochimiques complexes dont dépendent les processus vitaux peut permettre de créer une classe de nouveaux agents biologiques modifiés, plus virulents, conçus pour attaquer des voies biochimiques distinctes et déclencher des effets spécifiques. »⁸ Le rapport citait quelques exemples précis de nouvelles armes biologiques qui pourraient devenir réalité, et soulignait que le groupe d'experts réunis pour élaborer ce rapport estimait que : « [l]es effets de certains de ces agents biologiques modifiés pourraient être pires que n'importe quelle maladie connue actuellement ».⁹

Néanmoins, à ce jour, aucune analyse n'a pris au sérieux la thèse de Meselson et ne s'est demandé ce qui pourrait se passer, avant même la fin du siècle, si l'on ne met pas le holà à la militarisation de la biologie. Il est évident qu'une seule étude ne peut pas passer en revue tous les domaines de la biologie dans lesquels il pourrait y avoir des abus, c'est pourquoi nous nous concentrons sur le système nerveux et les manipulations pernicieuses dont il peut être l'objet. D'une part, parce que des préoccupations très répandues dans le public au sujet de l'utilisation abusive de la microbiologie ont relégué dans l'ombre d'autres dangers potentiels, d'autre part, parce qu'il y a de sérieuses raisons de s'inquiéter de l'usage que les militaires pourraient faire des neurosciences. Il est certain que d'autres pourraient également trouver intérêt à abuser de ces nouvelles connaissances, mais il est peu probable qu'ils disposent de ressources aussi importantes que les militaires et puissent ainsi ouvrir la voie aux abus. Ce sont donc les militaires qui sont la première source de préoccupation et c'est sur la militarisation des neurosciences (au sens large du terme) que nous allons nous concentrer ici.

Dans le prochain chapitre (« Une menace pour l'avenir »), nous évaluons la multiplication des possibilités d'abus qui pourraient découler des progrès rapides réalisés dans la compréhension du système nerveux et montrons les éléments qui prouvent que certains

¹ Matthew Meselson, "Averting the hostile exploitation of biotechnology," *Chemical and Biological Conventions Bulletin*, vol. 48, juin 2000, p. 16-19.

² William Cohen, *Proliferation : Threat and Response*, Department of Defense, Washington DC, 1997

³ Steven M. Block, "Living nightmares : Biological Threats Enabled by Molecular Biology," *The Next Terror : Facing the Threat of Biological and Chemical Weapons*, Sidney D. Drell, Abraham D. Sofaer, George D. Wilson (eds.), Hoover Institution Press, Stanford, 1999, p.39-75

⁴ George Poste, "Advances in biotechnology : Promise or peril," 2002 disponible sur www.upmc-biosecurity.org/pages/events/2nd_symposia/transcripts/trans_post-html (visité le 24 août 2005).

⁵ Claire Fraser and Malcolm Dando, "Genomics and future bioweapons : The need for preventive action by the biomedical community," *Nature Genetics*, vol. 29, 2001, p. 252-255.

⁶ James B. Petro, Theodore R. Plasse and Jack A. McNulty, "Biotechnology : Impact on biological warfare and biodefense," *Biosecurity and Bioterrorism*, vol. 1. 2003, p. 161-168.

⁷ Mark Wheelis, "Does the 'new biology' mean new weapons ?" *Arms Control Today*, juillet/août 2004, p.6.

⁸ Office of Transnational Issues, *The Darker Bioweapons Future*, Central Intelligence Agency, Washington, DC, 3 novembre 2003, p.1.

⁹ *Ibid.*

pourraient avoir l'intention d'exploiter ainsi ces nouvelles connaissances. Nous concluons qu'il y aura des connaissances disponibles pour commettre des abus et qu'il y aura des personnes prêtes à s'en servir à cette fin. Puis dans le chapitre suivant (« Implications »), nous esquissons les implications qu'auraient de tels abus à moyen terme, et très approximativement à plus long terme, si l'on ne parvient pas à les empêcher. Nous en concluons que de terribles menaces pour les droits de l'homme et la dignité humaine planent à l'horizon. Dans le dernier chapitre (« Réponses »), nous passons en revue les moyens dont nous disposons pour empêcher que les neurosciences, et par la force des choses une grande partie de la biologie, ne soient largement utilisées à des fins militaires.

Une menace pour l'avenir

Il ne fait aucun doute que la révolution en biologie a profondément modifié la situation par rapport aux années 50, lorsque l'apparition des premiers médicaments efficaces contre les maladies mentales incita les protagonistes de la Guerre froide à tenter de mettre au point des produits chimiques incapacitants.¹⁰ La découverte de la structure des divers récepteurs des neurotransmetteurs chimiques¹¹ et les progrès réalisés dans la connaissance des circuits fonctionnels du cerveau grâce aux techniques d'imagerie sont très prometteurs. Comme l'a souligné Andreasen, nous vivons à une époque où deux domaines de connaissance gigantesques seront de plus en plus interconnectés : la cartographie du génome humain et celle du cerveau humain.¹²

Dans son rapport sur les progrès réalisés à ce jour, Andreasen montre toutefois clairement que seul le traitement des désordres de l'humeur a fait un bond en avant depuis les années 50. Dans un avenir proche, le diagnostic, la compréhension pathophysiologique, le traitement et la prévention de la démence, de la schizophrénie, des troubles de l'humeur et de l'anxiété deviendront plus rationnels et plus efficaces.

George Poste semble être arrivé à la même conclusion que Meselson. Par exemple, il affirme que « alors que nous commençons à comprendre les délicats mécanismes moléculaires qui régissent cette remarquable structure appelée corps humain (...) la compréhension de ces circuits implique en même temps la capacité de les brouiller. »¹³ Soulignant la nécessité de penser « sans bogue », il qualifie l'esprit de « bombe » et fait remarquer que de telles capacités signifient « que l'on peut provoquer tout un spectre d'activité allant de l'immobilisation passagère (...) à des états catastrophiques aigus ou chroniques. »¹⁴

Il est incontestable que la compréhension du système nerveux humain a fait des progrès énormes¹⁵ depuis que l'on a reconnu, au 17^e siècle, que le cerveau contrôle notre comportement. Néanmoins, certains sceptiques bien informés continuent à douter que l'on arrive prochainement à une compréhension mécaniste du cerveau – même si théoriquement, cette possibilité existe.¹⁶

¹⁰ Malcolm Dando, *The New Biological Weapons: Threat, Proliferation and Control*, Lynne Rienner, Boulder, 2001.

¹¹ Une forme de ce que l'on appelle habituellement les ligands – de petites molécules qui se lient aux protéines

¹² Nancy C. Andreasen, *Brave New Brain : Conquering Mental Illness in the Era of the Genome*, Oxford University Press, Oxford, 2001.

¹³ Poste, *op.cit.*, (note 4)

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ Stanley Finger, *Minds behind the Brain: A History of the Pioneers and their Discoveries*, Oxford University Press, Oxford, 2000.

¹⁶ Dai Rees and Steven Rose, (eds.), *The New Brain Sciences: Perils and Prospects*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

Pour savoir si les nouvelles avancées permettront la création d'agents biologiques évolués, il faut répondre à deux questions fondamentales : semble-t-il probable que les neurosciences acquièrent une compréhension mécaniste du cerveau suffisante pour rendre des manipulations malveillantes possibles, du moins théoriquement, et qui pourrait souhaiter abuser de ce savoir ? Nos deux questions sont donc les questions habituelles - sur la capacité (donnée par une meilleure compréhension du système nerveux) et sur l'intention (d'abuser de ces nouvelles connaissances à des fins hostiles).

Capacité

Les maladies mentales ont un poids énorme, au niveau mondial, en termes de morbidité, de mortalité et de coûts sociaux et économiques.¹⁷ À juste titre, la médecine et la biologie déploient de grands efforts pour comprendre les causes de maladies telles que la dépression et pour trouver des moyens plus efficaces de venir en aide aux personnes touchées. Une nouveauté importante consiste à faire converger des démarches jusqu'ici disparates pour mieux comprendre le comportement humain ; par exemple, un ouvrage récent intitulé *Neuropsychiatry and Behavioural Neuroscience* comporte un chapitre sur les principes des neurosciences, qui énumère les régularités – relations prévisibles entre le cerveau et le comportement – pouvant être utilisées pour comprendre et aider à traiter les maladies mentales.¹⁸

Il est aisé d'accepter de telles idées, par exemple au sujet de la production du langage et de la compréhension. On sait depuis de nombreuses années que des lésions dans des zones spécifiques du cerveau entraînent des déficiences spécifiques dans la fonction du langage.¹⁹ De même, on sait que des lésions dans les lobes frontaux du cortex cérébral peuvent provoquer des troubles du comportement chez l'homme.²⁰ Par exemple, les individus atteints d'une lésion au cortex orbito-frontal manquent de jugement social, ont une perception limitée de leur propre comportement et ont une faible capacité d'empathie pour autrui.

Toutefois, tout comportement humain ne peut pas être mis en rapport aussi facilement avec une aire spécifique du cerveau. On a de bonnes raisons de croire, en effet, qu'il sera extrêmement difficile de comprendre la base biologique de nombreux comportements humains, même si ce paradigme mécaniste est fondamentalement correct. La question qu'il faut se poser est donc la suivante : quelle différence fait la révolution actuelle de la biologie ? Augmente-t-elle de façon radicale les possibilités de manipulation ?

¹⁷ Organisation Mondiale de la Santé, *La santé mentale : Nouvelle conception, nouveaux espoirs*, Rapport sur la santé dans le monde 2001, OMS, Genève.

¹⁸ Jeffrey L. Cummings and Michael S. Maga, *Neuropsychiatry and Behavioural Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2003. Quelque trente régularités sont examinées, et il est clair que ce qui est décrit est une science mécaniste. Par exemple, le premier principe énonce que : « Les relations cerveau-comportement sous-jacentes aux syndromes neuropsychiatriques sont régies par des règles et reproductibles d'un individu à l'autre (...). Tous les processus mentaux découlent de processus cérébraux (...). Les symptômes neuropsychiatriques sont des manifestations d'un dysfonctionnement cérébral (...) [qui] reflète des anomalies dans les fonctions cérébrales sous-jacentes, qu'elles soient d'origine génétique, structurelle ou environnementale... »

¹⁹ Au 19^e siècle, Broca a montré qu'une lésion de ce que l'on appelle maintenant l'aire de Broca dans le cortex cérébral entraîne la perte du langage, et Wernicke a démontré qu'une lésion d'une zone voisine qui porte son nom provoque des troubles de la compréhension du langage.

²⁰ Les lobes frontaux occupent environ un tiers du volume total du cerveau, ils figurent parmi nos derniers acquis phylogénétiques et sont l'une des dernières régions du cerveau à se développer chez l'humain. Comme pour le langage, on peut raisonnablement affirmer qu'ils permettent des comportements humains caractéristiques. Une lésion dans cette partie du cortex produit trois syndromes comportementaux. Lequel se manifestera dépend de l'endroit endommagé : un syndrome orbito-frontal, caractérisé par le défaut d'inhibition et l'impulsivité ; un syndrome préfrontal dorso-latéral se manifestant essentiellement par un déficit des fonctions exécutives, et un syndrome médial (cingulaire) faisant apparaître apathie et akinésie.

Les principes énumérés dans *Neuropsychiatry and Behavioural Neuroscience* incluent, en plus de l'influence de facteurs à la fois génétiques et environnementaux, l'idée que les troubles neuropsychiatriques sont le reflet de la perturbation d'un système ou d'un circuit, et que des dysfonctionnements au niveau des transmetteurs ou des systèmes de transmetteurs sont associés à des symptômes neuropsychiatriques spécifiques. Dans quelle mesure ces affirmations sont-elles corroborées par les résultats récents de la recherche ?

À l'intérieur des cellules du système nerveux – les neurones – la transmission des signaux est électrique, mais entre les neurones, elle est essentiellement chimique. La plupart de ces neurotransmetteurs chimiques (ligands) ont été progressivement découverts au cours du siècle dernier, de même que les récepteurs spécialisés sur lesquels ils agissent lorsqu'ils sont libérés.²¹ Des neurones qui produisent des neurotransmetteurs différents interviennent dans des circuits différents du cerveau, et pour l'étude de maladies mentales telles que la dépression, un groupe de transmetteurs particulier, les neuromodulateurs est extrêmement intéressant. Les neurones où se trouvent ces transmetteurs – dopamine, noradrénaline, sérotonine, par exemple - sont situés dans les parties inférieures du cerveau, plus anciennes, et au lieu d'avoir des connections précises et limitées avec d'autres neurones, ils ont des connections très diffuses, ce qui laisse supposer qu'ils ont des effets largement répandus dans l'organisme.

En 2003, la revue *Science* publia, dans sa rubrique consacrée à la découverte de l'année, une étude sur l'énergie noire et la matière noire, qui attribuait un âge et une vitesse d'expansion précis à l'univers . L'étude suivante portait sur la maladie mentale²² et citait un article de *Science* de juillet de la même année.²³ L'article s'intitulait « Influence of life stress on depression : Moderation by a polymorphism on the 5-HTT gene ». Un polymorphisme est une légère variation naturelle dans un gène particulier, et le gène 5-HTT est celui qui code pour la protéine transporteuse qui retire la sérotonine de la synapse. Par le passé, de nombreuses personnes croyaient que seules quelques maladies mentales destructrices comme la maladie de Huntington étaient dues au dysfonctionnement d'un seul gène, alors que la grande majorité d'entre elles étaient provoquées par les actions combinées de nombreux gènes à petits effets – ce qui rendait la découverte de leurs causes très difficile. Toutefois, l'étude sur la dépression concluait : « Nous supposons que certains troubles multifactoriels, plutôt que d'être le résultat de variations dans de nombreux gènes à petits effets, peuvent résulter de variations dans un plus petit nombre de gènes dont les effets dépendent de l'exposition à des risques environnementaux. »²⁴ Bref, si l'on prend en compte à la fois la génétique et le vécu environnemental, nos nouvelles connaissances du génome pourraient nous permettre très prochainement de bien comprendre le fonctionnement de certaines maladies mentales.

Le polymorphisme du gène 5HTT concerne la structure du promoteur. Cette région détermine l'efficacité de l'expression du gène et donc la quantité de protéines produites. Il existe deux formes différentes (allèles) du promoteur – la forme « longue » permet une meilleure expression du gène que la forme « courte ». Ainsi, la forme longue impliquerait une

²¹ Lorsqu'une impulsion électrique atteint l'extrémité du long prolongement, ou axone, d'un neurone, elle déclenche la libération des molécules du neurotransmetteur qui franchissent le petit interstice, ou fente synaptique, entre les cellules pour se fixer sur les récepteurs correspondants de la cellule suivante. Ceci provoque des changements dans la deuxième cellule, qui peuvent soit augmenter la probabilité qu'une impulsion électrique soit générée dans ce neurone (excitation), soit la diminuer (inhibition). Divers mécanismes éliminent le transmetteur chimique de la synapse, si bien que son effet est passager. En général, il est détruit par des enzymes dans la fente synaptique, ou ramené dans la cellule sécrétrice par des protéines transporteurs de la membrane, et réutilisé.

²² Anon, " Breakthrough of the year : The runners-up", *Science* n°302, 2003, p. 2039-2040.

²³ Avshalom Caspi *et al.*, " Influence of life stress on depression : Moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene," *Science*, n°301, 2003, p. 386-389.

²⁴ *Ibid.*

plus grande quantité de protéines transporteuses, et vraisemblablement une action synaptique plus précise (car la sérotonine serait rapportée plus rapidement dans le neurone pré-synaptique). Les être humains ont tous deux exemplaires de ce gène, ce qui permet de les diviser en trois groupes. Chacun a soit deux formes longues du promoteur, deux formes courtes ou une de chaque. Les chercheurs avaient bien sûr de bonnes raisons de supposer que ce gène jouait un rôle dans la dépression, car une des classes de médicaments efficaces en cas de dépression agit en inhibant la recapture de la sérotonine.

Des chercheurs ont réalisé une étude en Nouvelle-Zélande sur une cohorte de 1 037 enfants qui avaient été suivis depuis leur naissance, et dont 96% faisaient encore l'objet d'observations à l'âge de 26 ans. De nombreux aspects de leur vie ont pu être étudiés, par exemple des événements stressants survenus entre le 21^e et le 26^e anniversaire de chaque individu ont pu être soigneusement recensés. Ces facteurs de stress comprenaient l'emploi, les problèmes financiers, le logement, la santé et les relations personnelles. On a également étudié l'apparition éventuelle d'une dépression chez des membre du groupe l'année suivant leur 25^e anniversaire. L'étude de l'interaction entre les différents allèles du gène 5-HTT et les facteurs de stress a donné des résultats très nets. Les auteurs l'ont exprimé en ces termes : « [I]es individus ayant un ou deux allèles courts du promoteur du gène 5-HTT ont manifesté plus de symptômes dépressifs, de dépression diagnosticable et de vellités suicidaires en relation avec des vécus stressants que les individus homozygotes pour l'allèle long [c'est-à-dire avec deux formes longues]. » Ils ont pu montrer de façon concluante que l'impact du vécu était atténué par la constitution génétique de l'individu – une découverte remarquable que seules les possibilités offertes par la biotechnologie moderne ont rendue possible.²⁵

Bien sûr, on peut alléguer que même si c'est une réelle percée que de montrer comment les interactions entre ce gène et l'environnement peuvent influencer sur le comportement, il reste beaucoup à faire pour comprendre dans le détail le type de mécanisme qui permettrait une manipulation malveillante du cerveau et du comportement des individus. Toutefois, il faut se rappeler que la révolution génomique ne s'est pas faite isolément, mais dans le contexte d'avancées importantes en bioinformatique, en chimie combinatoire, en imagerie neuronale et dans d'autres technologies.

Ceci ressort clairement d'un travail publié dans *Science* en 2002, consacré à nouveau au gène transporteur de sérotonine et intitulé « Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala ». Il est connu que l'amygdale joue un rôle central dans le traitement de stimuli menaçants et d'états de peur et d'anxiété.²⁶ Si nous nous trouvons dans

²⁵ Les chercheurs ont également démontré que la maltraitance dans l'enfance avait un impact similaire sur les personnes porteuses d'un ou de deux allèles courts. Un lien analogue a été montré chez les singes (cf. Christina S. Barr *et al.* "Sexual dichotomy of an interaction between early adversity and the serotonin transporter gene promoter variant in rhesus monkeys," *Proc. Nat. Acad. Sci.*, vol. 101, 2004, p. 12358-12363) et chez d'autres enfants (cf. Joan Kaufman *et al.*, « Social supports and serotonin transporter gene moderate depression in maltreated children, » *Proc. Nat. Acad. Sci.*, vol.101, 2004, p. 17316-17321). Toutefois, ce dernier rapport montrait également qu'un soutien social adéquat pouvait considérablement diminuer le risque pour ces enfants maltraités. Ce résultat réjouissant tend aussi à confirmer un autre principe, à savoir que « [I]es effets bénéfiques de la psychothérapie sont obtenus par le biais de changements dans la fonction cérébrale » (cf. Cummings and Maga, *op. cit.*, note 18). Malheureusement, un travail plus récent a à nouveau démontré le lien existant entre le polymorphisme du promoteur du transporteur de la sérotonine et le suicide (cf. Pao-Yen Lin and Gaochuan Tsai, « Association between serotonin transporter gene promoter polymorphism and suicide: Results of a meta-analysis," *Bio.Psychiatry*, vol.55, p. 1023-1030).

²⁶ Ahmad R. Hariri *et al.* "Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala », *Science*, vol. 297, 2002, p. 400-403. Ces chercheurs utilisèrent une forme d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour évaluer les réactions des sujets à des images faciales effrayantes. Ils divisèrent les gens en deux groupes : ceux qui avaient deux allèles longues du gène 5-HTT et ceux qui avaient un ou deux exemplaires de la forme courte du gène. Les sujets étaient tous en bonne santé, mais néanmoins il y avait une nette différence

une situation potentiellement menaçante, une voie d'alerte rapide passant par l'amygdale déclenche un ensemble de réactions qui préparent le corps à l'action – c'est la réaction dite de « lutte ou fuite ». Ce travail de 2002 a été publié avant l'étude sur les interactions entre le gène et l'environnement dont nous avons parlé ci-dessus. Toutefois, une étude ultérieure beaucoup plus vaste, portant sur quelque 90 personnes, a confirmé les résultats obtenus en 2002.²⁷ Elle disait notamment que : « la variation transmissible dans le signal de la 5-HT associée au 5-HTT (...) augmente la réactivité de l'amygdale aux stimuli de l'environnement. » En bref, si vous avez la version courte du promoteur, il est probable que votre amygdale réagisse plus fortement aux situations menaçantes. En outre, les auteurs poursuivaient en alléguant que si de telles menaces surviennent tôt dans la vie, avant que le contrôle exercé par les centres supérieurs sur l'hyperréactivité de l'amygdale ne soit totalement développé, ceci pourrait inciter le système à surréagir. Dans le même ordre d'idée, une étude portant sur des personnes souffrant de phobies sociales a montré que lorsque ces dernières étaient soumises à un stress, l'amygdale droite réagissait plus fortement chez celles qui avaient l'allèle court.²⁸ Elle en concluait : « ces résultats confirment un lien déterminé génétiquement entre les fonctions sérotoninergiques, la prédisposition à l'anxiété et une région du cerveau essentielle pour le traitement des émotions. » Les détails mécanistes du dysfonctionnement du système sont étudiés sur des modèles animaux.²⁹

Comme le démontre clairement cet exemple, notre compréhension du cerveau et du comportement humain a atteint un niveau auquel une manipulation précise, dans un but thérapeutique, devient de plus en plus réalisable. Mais un tel savoir pourrait aussi être utilisé à des fins malveillantes, par exemple pour induire des troubles anxieux.

Intentions

La question que l'on peut se poser, c'est de savoir si quelqu'un abuserait de telles informations pour créer de nouvelles armes biochimiques. La révolution génomique se poursuit, et il est évident que nous ne pouvons plus différencier les armes chimiques des armes biologiques ; elles forment un spectre de menaces biochimiques continu, avec une zone de chevauchement entre la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques à mi-spectre, où se situent des agents tels que les toxines et les biorégulateurs. Les armes chimiques mortelles telles que les gaz neurotoxiques, qui s'attaquent au système du neurotransmetteur acétylcholine, sont totalement prohibés par la Convention sur les armes chimiques ; quant à savoir si tous les pays reconnaissent que les armes chimiques dites « non létales » sont également prosrites, rien n'est moins sûr. Comme on l'a souligné lorsque la Convention a été négociée, le texte comporte une ambiguïté, qui est causée par l'exemption accordée aux agents chimiques dits de maintien de l'ordre public, utilisés à des fins pacifiques: « faut-il vraiment interpréter la Convention comme autorisant la mise au point, la

entre les réponses des deux groupes. Chez les personnes avec la forme courte, l'amygdale manifestait une plus grande activité face aux stimuli effrayants que chez ceux qui n'avaient que la forme longue. La différence était située dans l'amygdale droite, ce qui correspond au rôle connu de l'hémisphère droit dans le traitement des images faciales.

²⁷ Ahmad R. Hariri *et al.*, "A susceptibility gene for affective disorders and the response of the human amygdale," *Arch. Gen. Psychiatry*, vol. 62, 2005, p. 146-152.

²⁸ Tomas Furmark *et al.*, "Serotonin transporter polymorphism related to amygdala excitability and symptom severity in patients with social phobia," *Neuroscience Letters*, vol. 362, 2004, p. 189-192.

²⁹ Voir Christina S. Barr *et al.* "Rearing conditions and rh5-HTTLPR interact to influence limbic-hypothalamic-pituitary-adrenal axis response to stress in infant macaques", *Biol. Psychiatry*, vol. 55, 2005, p. 733-738. En outre, le transporteur de la sérotonine n'est pas le seul gène pour lequel cette nouvelle approche d'imagerie génomique produit de tels résultats; voir Ahmad R. Hariri, and Daniel R. Weinberger, "Imaging genomics," *British Medical Bulletin*, vol. 65, 2003, p. 259-270.

fabrication, l'acquisition, la conservation, le transfert et l'utilisation de tout produit chimique toxique ou de son précurseur non-inscrit au tableau 1, pour autant qu'il serve à « faire respecter la loi ? »³⁰ On espère que non, car une telle faille permettrait la mise au point de nouveaux agents chimiques secrets. En outre, alors qu'une telle lacune n'existe pas dans la Convention sur les armes biologiques ou à toxines, on peut se demander à juste titre comment cette Convention - qui est faible puisqu'elle n'a ni organisation, ni système de vérification efficace - va faire face à la vague d'innovations dans les domaines scientifique et technologique et aux « chances » offertes ainsi aux armées et aux forces de police du monde entier.

Récemment, l'intérêt des militaires pour les agents chimiques agissant sur le cerveau s'est concentré sur les produits chimiques incapacitants. Un tel produit peut être défini comme un agent « produisant un effet invalidant qui persiste des heures ou des jours après exposition à cet agent ».³¹ Plus précisément, ce terme désigne actuellement les agents extrêmement puissants qui produisent leurs effets en altérant l'activité régulatrice supérieure du système nerveux central. Comme le soulignait un récent rapport technique de l'OTAN sur les futures opérations de maintien de la paix,³² les produits chimiques incapacitants pourraient agir sur « [l]e système nerveux central par le biais de calmants, d'agents dissociatifs et d'agents équilibrants ». Il est donc évident qu'on ne parle pas ici d'agents de lutte antiémeute traditionnels.

Les États s'intéressent depuis longtemps à de tels agents chimiques. Au Royaume-Uni, par exemple, des études approfondies ont été réalisées à Porton Down au cours des années 50 et 60 sur les glycolates (qui se lient à une sous-catégorie de récepteurs de l'acétylcholine). Les États-Unis ont aussi recherché un produit chimique incapacitant, et pendant un certain temps, ils ont produit et stocké le glycolate BZ, qui provoque le délire.³³ À cette époque, on ne disposait pas des connaissances actuelles sur les sous-types de neurorécepteurs du cerveau, donc il est peu probable que l'on ait pu mettre au point des agents ayant la spécificité adéquate. L'utilisation d'un opiacé de la famille du fentanyl pour briser le siège du théâtre de Moscou en 2002³⁴ indique que les Russes sont encore intéressés. Même s'il y a eu 120 morts, on pourrait alléguer que l'utilisation d'un tel agent a facilité la libération de 700 autres personnes.

Il est manifeste que l'intérêt des militaires américains pour de nouveaux agents chimiques non létaux est permanent. Par exemple en 2000, un groupe universitaire connu pour avoir des liens étroits avec le US Joint Non-Lethal Weapons Directorate a élaboré un rapport intitulé *The Advantages and Limitations of Calmatives for Use as a Non-Lethal Technique*,³⁵ qui énumérait différents sous-types de récepteurs pouvant se révéler intéressants comme cibles de ces nouveaux agents. Cette découverte n'avait rien de surprenant, vu que les

³⁰ Éditorial, “New technologies and the loophole in the Convention,” *Chemical Weapons Convention Bulletin*, vol. 23, 1990, p. 1-2.

³¹ Graham Cooper and Paul Rice, (eds.), “Special issue - chemical casualties : Centrally acting incapacitants”, *Journal of the Royal Army Medical Corps*, vol. 148 (4), 2001, p. 338-391

³² Research and Technology Organization, *Non Lethal Weapons and Future Peace Enforcement Operations*, TR-SAS-040, Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, novembre 2004.

³³ Martin Furmanski and Malcolm R. Dando, “Midspectrum incapacitant programs,” in M. Wheelis, L. Rosza and M. Dando *Deadly Cultures: Biological Weapons from 1945 to the Present*. Harvard University Press, Cambridge, 2006, p. 236-251.

³⁴ Robin Coupland, “Incapacitating chemical weapons : A year after the Moscow theatre siege”, *The Lancet*, vol. 362, 2003, p. 1346.

³⁵ Joan M. Lakoski *et al*, *The Advantages and Limitations of Calmatives for Use as a Non-Lethal Technique*, Applied Research Laboratory, College of Medicine, Pennsylvania State University, 2000. D'après ce rapport, les chercheurs ont identifié plusieurs classes de médicaments (par ex. les agonistes des alpha2-adréno-récepteurs) et des médicaments individuels (...dexmedetomidine) jugés aptes à être pris en compte immédiatement comme agents non létaux causant par ex. sédation ou perte de connaissance.

États-Unis font de la recherche depuis longtemps sur de tels agents,³⁶ et ils ne sont pas les seuls à avoir effectué récemment des travaux sur ce sujet.³⁷

Ces initiatives récentes pour trouver de nouveaux agents chimiques non létaux s'inscrivent bien évidemment dans le contexte d'une recherche civile, rapide et intensive, sur les agents affectant le cerveau.³⁸ Pourtant, les militaires se tournent déjà vers la prochaine génération d'agents. En 2004, un US Broad Area Announcement décrivait l'objectif en ces termes :³⁹

«Le Joint Non-Lethal Weapons Directorate (JNLWD) recherche des propositions pour la recherche, le développement, l'intégration et la démonstration des potentialités des armes non létales de la prochaine génération ... »

Parmi les demandes figuraient :

« Des études/analyses portant sur des questions de droit/de traités/d'acceptabilité publique de cette technologie par rapport à : 1) un effet incapacitant de longue durée (...) et 3) des actions ciblées de longue portée pour contrer des menaces... »

En plus de médicaments causant une sédation ou une perte de connaissance, les composés susceptibles d'être utilisés militairement comprennent des antagonistes de la noradrénaline, tel le propranolol, pour causer une perte de mémoire sélective, des agonistes de la cholécystokinine B pour provoquer des attaques de panique, et des agonistes de la substance P pour induire la dépression. La question n'est pas tant de savoir si ces possibilités existeront – car elles existeront, c'est certain – mais plutôt quels buts seront poursuivis par ceux qui en disposeront.

Implications

L'analyse ci-dessus esquisse l'état actuel des neurosciences mécanistes et allègue que dans un avenir proche, la compréhension du fonctionnement du cerveau sera suffisante pour accroître considérablement les possibilités d'intervention bienveillantes ou malveillantes. Nous avons également montré que les militaires manifestent un intérêt constant pour ces nouveaux agents. Revenons maintenant à la question de départ : à quoi ressemblera l'avenir à court et à moyen terme, si l'on ne coupe pas court à ce mouvement de militarisation de la biologie ?

Potentialités actuelles

Il est clair que les militaires ne s'intéressent pas qu'aux armes, mais qu'ils amélioreront aussi les performances de leurs propres troupes avec ces nouveaux agents. Les amphétamines servent depuis longtemps de stimulants, et la manipulation du cycle sommeil/éveil permet actuellement d'améliorer les performances des pilotes (et probablement des forces spéciales) lors de longues missions. Mais comme le soulignait récemment un rapport des National Academies,⁴⁰ dans quelques décennies, les performances des troupes seront améliorées au

³⁶ Malcolm R. Dando, *The Danger to the Chemical Weapons Convention from Incapacitating Chemicals*, First CWC Review Conference, Paper N°4, University of Bradford, mars 2003.

³⁷ *A Survey of Biological and Biochemical Weapons Related Research Activities in France*, Country Study No.2, Sunshine Project, novembre 2004.

³⁸ Michael Williams *et al.*, "Same brain, new decade: Challenges in CNS drug discovery in the postgenomic, postproteomic era", *Annual Reports in Medicinal Chemistry*, vol.36, 2001, p. 1-10.

³⁹ Broad Area Announcement, Non-Lethal Weapons Science and Technology :Applied Research and Technology Development Efforts, M67854-05-R-5009, 2004, Contracts Home Page, US Marine Corps.

⁴⁰ National Research Council, *Opportunities in Biotechnology for Future Army Operations*, National Academies Press, Washington, DC, 2001

moyen de différents composés pharmaceutiques qui agiront sur plusieurs systèmes physiologiques, bien au-delà du cycle du sommeil. Une diminution de la peur et de la douleur, ainsi qu'une augmentation de l'agressivité, de l'hostilité, des capacités physiques et de la vigilance pourraient améliorer de façon significative les performances des soldats, mais pourraient aussi multiplier les violations du droit humanitaire. Car en accroissant l'agressivité et l'hostilité d'une personne dans une situation de conflit, il y a fort peu de chances que l'on encourage la retenue et le respect du droit prohibant la violence.

Vu les types d'opérations – autres que la guerre - qui deviennent de plus en plus courants dans un engagement militaire, il est probable que l'équipement des soldats comprendra non seulement des armes meurtrières traditionnelles, mais également toute une série d'armes « non létales » - acoustiques, électromagnétiques et chimiques. Parmi les armes chimiques, on trouvera les agents antiémeute traditionnels tels que le CS (gaz lacrymogène) et l'OC (spray au poivre), ainsi que divers composés pharmaceutiques causant des pertes de conscience, des paralysies ou des délires à très faibles doses. Quant à savoir si le droit de la guerre traditionnel – par exemple la protection des civils et des soldats hors de combat – survivra à ces changements, rien n'est moins sûr.⁴¹ Les documents historiques n'apportent pas un grand réconfort, car jusqu'à présent, les composés chimiques "non létaux" ont été utilisés essentiellement pour renforcer la force létale des armes, et non comme substitut. Au Vietnam, par exemple, les États-Unis ont utilisé quelque 10 000 tonnes de CS, prétextant un usage humanitaire, dans des situations où les combattants se trouvaient mêlés aux non-combattants, ou lorsque des dommages importants à la propriété auraient résulté d'une attaque en milieu urbain. Toutefois, un rapport de l'armée américaine daté de 1973⁴² qui a passé en revue les rapports rédigés après les opérations n'a pas trouvé trace d'une utilisation humanitaire.

En Irak, les États-Unis utilisent actuellement des armes à faisceau acoustique pour déloger les francs-tireurs de leur cachette, puis les tuer.⁴³ Dans l'exemple précédent, celui du siège de Moscou, les preneurs d'otages tchéchènes, plongés dans un état comateux par un dérivé du fentanyl, ont été abattus.⁴⁴ Il est vraisemblable que les nouveaux agents auront une utilisation militaire semblable et que ces agents « non létaux » seront souvent utilisés pour rendre d'autres armes plus meurtrières, plutôt que pour les remplacer.

La possibilité d'user abusivement de produits pharmaceutiques lors des interrogatoires est aussi à prendre très au sérieux.⁴⁵ Pendant la guerre froide, par exemple, la CIA a recherché des substances qui modifiaient la personnalité et induisaient ainsi une plus grande dépendance à d'autres.⁴⁶ Les mauvais traitements que l'armée américaine a infligés à des détenus lors d'interrogatoires après la deuxième guerre du Golfe nous rappellent que même des pays démocratiques qui ont une longue tradition de respect des droits humains peuvent agir illégalement lorsqu'ils le jugent vital pour leur sécurité. Des détenus emprisonnés par les forces américaines ont affirmé, lors de leur libération, avoir été contraints à prendre des

⁴¹ David P. Fidler, "Non-lethal' weapons and international law : Three perspectives on the future," *Medicine, Conflict and Survival*, Vol. 17, 2000, p. 194-200.

⁴² Paul L. Howard, *Technical Report : Operational Aspects of Agent CS*, Deseret Test Center, Fort Douglas, Utah, avril 1973, DTC-FR-S700M. Le CS était utilisé principalement pour interdire l'accès à un terrain (d'énormes quantités de CS persistant ont été utilisées sur la Ho Chi Minh Trail et dans le périmètre de positions de tir américaines isolées).

⁴³ Bryan Bender, "US testing nonlethal weapons arsenal for use in Iraq", *Boston Globe*, 5 août 2005.

⁴⁴ John Hart, Frida Kuhlau and Jacqueline Simon, "Chemical and biological weapons developments and arms control", chapitre 16, dans *SIPRI Yearbook 2003 : Armaments, Disarmament and International Security*, Oxford University Press, Oxford, 2003, p. 645-682.

⁴⁵ Mark Bowden, "The dark art of interrogation," *Atlantic Monthly*, vol. 292, octobre 2003, p. 51-76.

⁴⁶ Julian P. Perry-Robinson, *Disabling Chemical Weapons : A Documented Chronology of Events, 1945-2003*, Harvard Sussex Program, University of Sussex, 2003, p. 8-9.

médicaments psychotropes,⁴⁷ et les dossiers médicaux des détenus ont été mis à disposition des interrogateurs.⁴⁸ Une meilleure compréhension du fonctionnement biologique de la répression⁴⁹ permettrait d'effacer sélectivement des souvenirs spécifiques, ce qui pourrait non seulement protéger des informations sensibles en cas d'interrogatoire musclé, mais qui protégerait aussi les interrogateurs en cas de contrôle.

Les tortionnaires de tous les pays verront leur choix de moyens s'étendre considérablement. Des armes policières "non létales", telles que matraques électriques et sprays d'OC, sont déjà largement employées pour torturer, et rien ne permet de penser que de nouveaux instruments et agents chimiques n'auront pas le même usage.⁵⁰ Entre les mains du tortionnaire raffiné ou de l'interrogateur prêt à utiliser la torture pour obtenir des informations, les agents chimiques donneront la possibilité d'induire à volonté panique, dépression, psychose, délire et douleur extrême – mais aussi soulagement instantané, ou même euphorie.

Ces capacités pourraient représenter un danger plus grand encore si elles étaient mises entre les mains d'un dictateur pour étouffer la dissidence. Les dictateurs auraient non seulement plus de moyens de torture pour obtenir des informations lors des interrogatoires, mais la possibilité de pacifier des populations entières en ajoutant des substances aux aliments ou à l'eau pourrait également devenir réalité.

Il est fort probable que tout ce qui est mis au point pour les États deviendra facilement accessible aux criminels et aux groupes terroristes, qui pourront l'utiliser aussi efficacement que les États, mais dans des buts différents. Peut-être même qu'ils trouveront ces armes mieux adaptées à leurs objectifs qu'à ceux des États. Ces derniers sont limités par leurs propres lois et par les traités internationaux qu'ils ont signés; les criminels et les groupes terroristes ne connaissent aucune de ces contraintes. Ils ont donc tout loisir d'utiliser ces armes en maximisant leurs effets.

Ce bref aperçu de l'usage abusif des composés pharmaceutiques comme armes peut sembler tiré par les cheveux, mais l'étude de l'état de la technique nous montre que l'extrapolation par rapport à la neuropharmacologie connue est minime. Ces possibilités sont à notre porte, et nous savons que les militaires et les ministères de la justice de plusieurs pays sont vivement intéressés. Comme nous l'avons mentionné, la Russie a déjà utilisé un agent chimique incapacitant comme arme lors de la libération des otages à Moscou en 2002, et les États-Unis ont financé de nombreuses recherches dans ce domaine. Il y a certainement d'autres pays qui s'y intéressent. Il ne fait aucun doute que certaines des possibilités que nous avons esquissées ci-dessus, peut-être même la majorité d'entre elles, sont à portée de main, ou le seront dans quelques années seulement. Et il est tout aussi évident qu'elles seront exploitées militairement, à moins que les gouvernements n'interviennent activement pour empêcher la mise au point d'armes pharmaceutiques.

⁴⁷ James Meek, "People the law forgot," *The Guardian*, 3 décembre 2003, qui peut être obtenu à : <http://www.guardian.co.uk/g2/story/0,3604,1098391,00.html> (visité le 24 août 2005).

⁴⁸ P. Slevin and J. Stephens, "Detainees' medical files shared : Guantanamo interrogators' access criticized," *Washington Post*, 10 juin 2004, A01.

⁴⁹ Michael C. Anderson *et al.*, "Neural systems underlying the suppression of unwanted memories," *Science*, vol. 303, 2004, p. 232-235.

⁵⁰ *The Pain Merchants : Security Equipment and Its Use in Torture and Other Ill-Treatment*. Amnesty International, London, 2 décembre 2003.

Potentialités futures

À l'horizon, on peut déjà discerner des manipulations encore plus inouïes de l'être humain. Par exemple, un travail réalisé sur une interface cerveau-ordinateur chez des primates⁵¹ a montré que des animaux peuvent apprendre à maîtriser un bras robotisé grâce à des électrodes connectées à des neurones qui n'avaient jamais été utilisés dans ce but. En d'autres termes, ils peuvent apprendre à exciter volontairement des neurones spécifiques qui, à leur tour, peuvent contrôler un dispositif externe. C'est peut-être le prélude d'une percée majeure dans le traitement de patients souffrant de lésions irréversibles à la moelle épinière, mais finalement, cette technique peut aussi permettre de contrôler des engins militaires directement par le mental, et peut-être même de commander des êtres humains à distance. Des insectes et des rongeurs ont déjà été « connectés » pour permettre aux chercheurs de diriger leurs mouvements à distance, en écrasant toute intention endogène.⁵² Certes, de telles possibilités sont encore assez éloignées, mais il n'est pas trop tôt pour anticiper les usages malveillants qui pourraient être faits de telles recherches.

Ainsi, dans un avenir proche (10 à 20 ans), des troupes iront peut-être au combat après avoir pris des substances chimiques pour renforcer leur agressivité et leur résistance à la peur, à la douleur et à la fatigue. Leurs souvenirs des atrocités commises seront effacés chimiquement lors de briefings après les opérations. Ils seront équipés de toute une série d'armes, dont des agents chimiques pour immobiliser leurs adversaires, qui pourront alors être exécutés de sang froid. Les civils gênants seront la cible des agents chimiques incapacitants, et bon nombre d'entre eux mourront d'une overdose ou des effets secondaires. La population civile des territoires occupés sera pacifiée par des substances chimiques mélangées à la nourriture (technique qui pourra aussi être utilisée contre les citoyens d'un pays). On administrera des psychotropes aux ennemis capturés et aux civils soupçonnés de collaboration pour leur soutirer des informations, en ne reculant pas, lorsque ce sera nécessaire, devant l'usage d'une torture chimique à l'efficacité dévastatrice. Les composés chimiques seront rapidement métabolisés et ne laisseront aucune trace en cas d'examen médico-légal. Dans ce sombre scénario d'avenir, de nombreuses démocraties fragiles seront tombées sous le joug du totalitarisme, dont les gouvernements répriment toute dissidence avec une efficacité brutale, en recourant à la pacification chimique de populations entières, à l'usage d'agents incapacitants pour contrôler les foules et capturer les dirigeants dissidents, et à l'utilisation de substances chimiques pour torturer et interroger les dissidents. La pègre internationale utilisera des techniques semblables pour s'attaquer à ses victimes et à ses concurrents. Des groupes terroristes du monde entier recourront fréquemment à des agents chimiques pour amplifier leur force.

Comme les possibilités futures sont très difficile à cerner avec fiabilité et ne peuvent pas être définies actuellement (contrairement aux possibilités à court terme mentionnées ci-dessus que nous pouvons percevoir plus clairement), nous présentons quelques spéculations, simplement pour donner une idée de ce qui nous attend vraisemblablement dans un avenir plus lointain. On peut imaginer qu'à long terme (50 ans ?), les soldats seront connectés, pour assurer une communication rapide et directe avec le quartier général et pour diriger des drones puissants par la pensée. À distance, on pourra déclencher un type de comportement spécifiquement programmé – évasif, suicidaire, fou furieux, etc. Il sera possible de modifier ou d'effacer leurs souvenirs et leurs convictions.

Nous aimerions croire que ce monde n'est pas celui que nous allons léguer à nos enfants, mais nous ne sommes pas très optimistes. L'histoire de l'humanité donne de solides

⁵¹ Jose M. Carmena *et al.*, "Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates," *PLoS Biology*, vol. 1, n°2, 2003, p. 1-6.

⁵² Ben Harder, "Scientists 'drive' rats by remote control", *National Geographic News*, 1^{er} mai 2002.

raisons d'être pessimistes quant à notre capacité à empêcher l'exploitation à large échelle des possibilités de manipulation hostile et pernicieuse qu'offriront les nouvelles technologies.

Réponses

Ce que nous voulons dire, c'est que les communautés biologique, médicale (et juridique) devraient regarder en face cette quasi-certitude : si aucune mesure n'est prise, la biologie deviendra la prochaine technologie militaire de choix, et les neurosciences – et par la même occasion, la majeure partie de la biologie moderne – deviendront extrêmement vulnérables à certains usages et abus non intentionnels, mais clairement prévisibles. Nous ne connaissons aucune technologie majeure présentant une utilité militaire qui n'ait été largement exploitée à des fins hostiles, et rien ne permet de penser qu'il en ira autrement de la biologie. Bien sûr, prévoir une telle possibilité et la contrer efficacement sont deux choses très différentes. Nous voyons essentiellement trois stratégies générales pour tenter de contenir les applications néfastes de la biologie.

La première pourrait être décrite comme l'approche du " libre marché".⁵³ En gros, les partisans de cette approche reconnaissent que les mêmes connaissances sont à la base des applications bénéfiques et des applications hostiles, et postulent donc qu'il est impossible de prévenir l'évolution que nous avons esquissée. À leur avis, il faut laisser le marché diriger la technologie et parier sur l'intérêt personnel pour limiter les applications hostiles. Nous sommes loin de penser que cela va fonctionner ; cela n'a pas été le cas pour les technologies antérieures, probablement parce que la mise au point d'applications hostiles est faite essentiellement par les gouvernements à l'abri des regards, sans appel d'offres, sans surveillance publique et sans consultation politique, et avec de gros bénéfices à la clé pour de nombreuses personnes.

Une autre approche serait celle du néo-luddisme – essayer d'étouffer la révolution biologique dans l'œuf, ou du moins lui imposer un temps d'arrêt avant qu'elle ne cause d'autres problèmes à la société. Ceci nous paraît tout aussi irréaliste; il y a tout simplement trop de groupes qui attendent les bienfaits que promet la biologie, et qui en dépendent. En outre, pour bloquer les progrès de la biologie, il faudrait que tous les pays qui font de la recherche dans le domaine biomédical et qui ont une industrie pharmaceutique arrivent à la même conclusion. Manifestement, ce n'est pas la solution, même si certains le souhaitent vivement.

Donc, la seule option viable qui reste pour combattre les applications hostiles de la biologie, c'est une voie médiane prévoyant de soumettre la recherche en biologie et les applications militaires à une réglementation nationale et internationale. Cette solution s'appuierait sur des normes qui existent depuis longtemps pour lutter contre l'utilisation hostile de la chimie et de la biologie et sur un système de traités internationaux comprenant notamment le Protocole de Genève de 1925, la Convention de 1972 sur l'interdiction des armes biologiques et à toxines, et la Convention de 1993 sur les armes chimiques. Toutefois, elle nécessiterait une transparence beaucoup plus grande, aussi bien dans la défense biologique et chimique que dans les domaines de recherche concernés.⁵⁴ En outre, nous avons parlé essentiellement des militaires, car ce sont eux qui sont les plus susceptibles d'avoir les ressources nécessaires pour réaliser les changements inquiétants mentionnées ci-dessus, mais il est évident que lorsque ce processus sera en marche, bien d'autres dangers pourraient apparaître. De nombreuses alliances pourraient être conclues avec ceux qui sont préoccupés

⁵³ Robert Carlson, "The pace and proliferation of biological technologies," *Biosecurity and Bioterrorism*, vol.1, 2003, p. 203-214.

⁵⁴ Mark Wheelis and Malcolm R. Dando, "Back to bioweapons?" *Bulletin of the Atomic Scientists*, janvier/février 2003, p. 40-46.

par les menaces potentielles que cette évolution représente pour le droit international humanitaire et les droits de l'homme en général. Mais dans l'approche que nous préconisons, ce sont les biologistes eux-mêmes qui devraient prendre conscience et s'inquiéter de l'usage abusif qui peut être fait de leur science. Dans les milieux biologiques et médicaux, ce sont des questions qui interpellent très peu de personnes, en tout cas depuis que des groupes de microbiologistes se sont lancés dans l'activisme contre la guerre biologique dans les années 1960. Un grand changement de culture est donc indispensable dans les sciences biomédicales. S'il ne se produit pas, la militarisation systématique de la biologie fera partie intégrante de l'évolution de la biologie moderne.

Heureusement, ceux qui sont conscients du problème ne doivent pas partir de zéro. Les trois traités mentionnés prohibent effectivement la mise au point, la fabrication, le stockage ou l'utilisation de toutes les armes biologiques et chimiques, létales ou incapacitantes. Néanmoins, il subsiste des lacunes (notamment dans l'application du droit) et des ambiguïtés ; celles-ci donne aux pays qui sont déterminés à mettre au point de nouvelles armes biochimiques la possibilité légale de faire les premiers pas. Vu le potentiel qu'ont ces nouvelles armes d'augmenter les options militaires, et vu l'intérêt qu'elles suscitent auprès des États, surtout les plus puissants, de nombreux spécialistes craignent que le régime juridique international qui les interdit ne s'effrite. Les scientifiques concernés n'ont pas à inventer un nouveau système de contrôle des armes, mais ils doivent utiliser leurs connaissances pour convaincre de la nécessité de renforcer le régime existant et les normes qu'il contient pour lutter contre l'usage hostile de la biologie et de la chimie.

Par exemple, les scientifiques du domaine biomédical pourraient, par le biais de leurs associations professionnelles ou individuellement, participer aux efforts visant à mettre en place des systèmes de surveillance, comme le recommande un rapport récent du US National Research Council⁵⁵. Aux États-Unis, une première tentative de mise en oeuvre est la création du National Science Advisory Board for Biosecurity⁵⁶, mais ce système devra devenir beaucoup plus actif et plus international – et devra inclure aussi les laboratoires militaires – avant de constituer une contrainte réelle.⁵⁷ Au niveau international, l'intérêt manifesté pour les codes de conduite des bioscientifiques⁵⁸ est un autre atout dans la lutte contre l'usage des sciences de la vie à des fins hostiles. Un apport d'idées de la part de sociétés scientifiques et d'académies nationales des sciences pourrait avoir une influence notable sur le résultat de ces discussions.

Enfin, que la biologie devienne ou non une technologie militaire offensive au cours des prochaines décennies dépendra probablement, dans une large mesure, de la participation active des scientifiques aux discussions juridiques et des conseils qu'ils donneront aux décideurs politiques.⁵⁹ Il faut espérer que les questions soulevées dans cet article recevront de la part de la communauté scientifique toute l'attention qu'elles méritent, et que les scientifiques se joindront aux diplomates et à ceux qui oeuvrent au contrôle des armes et à l'application du droit humanitaire, afin de trouver des mécanismes pour protéger l'humanité contre l'effrayant potentiel d'abus que représentent les technologies qu'ils développent, tout en préservant leurs applications bénéfiques.

Annexes: photos (voir document original en anglais)

⁵⁵ National Research Council, *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, National Academies Press, Washington DC, 2004.

⁵⁶ Voir <http://www.biosecurityboard.gov> (visité le 24 août 2005).

⁵⁷ Elisa D. Harris and John D. Steinbrunner, "Controlling dangerous pathogens," *Issues in Science and Technology Online*, printemps 2003, p. 74-78.

⁵⁸ Pour les informations pertinentes sur les codes de conduite, voir : <http://www.ex.ac.uk/codesofconduct/> (visité le 24 août 2005).

⁵⁹ Robin Coupland and Kobi-Renee Leins, "Science and prohibited weapons," *Science*, vol. 308, 2005, p. 1841.