

*Déni de responsabilité*

*Les articles publiés dans le Forum du désarmement n'engagent que leurs auteurs.  
Ils ne reflètent pas nécessairement les vues ou les opinions de l'Organisation des Nations Unies,  
de l'UNIDIR, de son personnel ou des États ou institutions qui apportent leur concours à l'Institut.*

## TABLE DES MATIÈRES

### Note de la rédactrice en chef

<i>Kerstin VIGNARD</i> .....	1
------------------------------	---

### Commentaire spécial

<i>Robin M. COUPLAND</i> .....	3
--------------------------------	---

### La science, la technologie et les conventions sur les armes chimiques et biologiques

La science, la technologie et les régimes de contrôle des armes chimiques et biologiques <i>Alexander KELLE</i> .....	7
--	---

L'utilisation des neurosciences à des fins malveillantes <i>Malcolm DANDO</i> .....	19
--	----

À l'attaque du système immunitaire <i>Kathryn NIXDORFF</i> .....	29
---	----

Tour d'horizon des technologies non létales <i>Nick LEWER et Neil DAVISON</i> .....	41
--	----

Les armes biologiques et les sciences de la vie : les possibilités de codes professionnels <i>Brian RAPPERT</i> .....	59
--	----

### Tribune libre

Les enseignements de l'application de la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel <i>Ambassadeur Stephan NELLEN</i> .....	69
---	----

Actualité de l'UNIDIR .....	77
-----------------------------	----

---

## NOTE DE LA RÉDACTRICE EN CHEF

La révolution des sciences de la vie est à l'origine de découvertes et d'applications dans la médecine, la psychologie et la santé. Ces nouvelles connaissances sur le fonctionnement de l'organisme et de ses composants nous permettent d'envisager des traitements et des remèdes jusqu'alors inimaginables. Il n'empêche que le risque de voir ces avancées être utilisées à des fins malveillantes est immense et terrifiant. La capacité d'agir au niveau moléculaire offre la possibilité de faire de l'organisme une arme contre lui-même. C'est d'autant plus inquiétant que les discussions internationales et les interdictions juridiques en la matière ne progressent pas au même rythme que les avancées scientifiques.

Ce numéro du *Forum du désarmement* insiste sur les découvertes scientifiques et technologiques et sur leurs conséquences pour les conventions sur les armes chimiques et biologiques. Après un résumé des avancées scientifiques et technologiques et leurs rapports avec ces régimes de contrôle, les articles évoquent différentes applications effrayantes rendues possibles par les progrès des neurosciences et de l'immunologie, présentent les recherches en cours sur les armes « non létales » ainsi qu'une proposition de code de conduite pour ceux dont les travaux portent sur les sciences de la vie.

Le prochain numéro du *Forum du désarmement* s'intéressera à l'Asie du Nord-Est, région complexe et dynamique, au cœur de plusieurs préoccupations de sécurité et de défense. L'avenir de la péninsule coréenne, les griefs et les conflits persistants, et les inquiétudes en matière de prolifération sont autant d'éléments qui pèsent sur la stabilité de la région dans son ensemble et ont des répercussions au niveau mondial. Les articles de ce numéro insisteront sur les efforts pour stabiliser la péninsule coréenne, les initiatives visant à réduire les tensions et à instaurer un climat de confiance dans toute la région, la prolifération des missiles et les défenses antimissile, le rôle des acteurs extérieurs et les politiques de sécurité régionale.

Deux nouveaux projets viennent de commencer à l'Institut. Le premier, *l'Action européenne sur les armes légères, les armes de petit calibre et les résidus de guerre explosifs*, examine les réponses de la Commission européenne face à ces armes, en vue de formuler des recommandations pour améliorer la coordination, harmoniser les politiques et combler les lacunes (pour plus de précision, voir l'Actualité de l'UNIDIR, page 77).

Le deuxième projet porte sur *Le désarmement en tant qu'action humanitaire*. Ce projet adopte une méthode active fondée sur la résolution des problèmes en impliquant des professionnels dans les négociations multilatérales et insiste sur des moyens concrets fondés sur les dimensions humanitaires du désarmement. Le 3 novembre 2004, l'UNIDIR a organisé une demi-journée de présentation du projet auprès de professionnels des domaines du désarmement, de la maîtrise des armements et de l'action humanitaire. Ce fut l'occasion d'exposer les concepts fondamentaux qui

sous-tendent ce projet et d'envisager d'autres possibilités que les perspectives et démarches habituelles de négociations de désarmement et de maîtrise des armements.

L'UNIDIR, le Programme des Nations Unies pour le développement et le Département des affaires de désarmement de l'ONU (avec le Small Arms Survey comme consultant technique) ont terminé leur analyse des rapports nationaux soumis en 2003 lors de la Réunion biennale des États chargée d'examiner l'application du Programme d'action. Cette évaluation est publiée sous le titre *Implementing the United Nations Programme of Action on Small Arms and Light Weapons: Analysis of the Reports Submitted by States in 2003*, de E. Kytömäki et V. Yankey-Wayne (pour plus de précision, voir l'Actualité de l'UNIDIR, page 77). Un résumé analytique sera publié dans toutes les langues officielles de l'ONU avant la Réunion biennale des États de 2005. Les partenaires du projet étudient la possibilité de poursuivre et de développer ce projet.

Le 24 novembre, le Directeur général de l'Office des Nations Unies à Genève, M. Sergei Ordzhonikidze, et le Directeur de l'UNIDIR, Mme Patricia Lewis, ont accueilli une réflexion de haut niveau avec Mme Suzanne Mubarak, l'épouse du Président de la République arabe d'Égypte et Présidente de l'organisation non gouvernementale, Women's International Peace Movement. Cette rencontre faisait suite à une conférence de trois jours organisée par cette ONG et intitulée « Women Defending Peace ». Mme Mubarak a présenté une synthèse de la conférence et invité au débat sur les initiatives que les instituts de recherche et les organismes des Nations Unies pourraient prendre pour soutenir le rôle des femmes dans le rétablissement de la paix et de la sécurité.

***Kerstin Vignard***

## COMMENTAIRE SPÉCIAL

La science sert depuis longtemps l'humanité. Depuis quelques années, nous entendons tous les jours parler de découvertes majeures réalisées dans les sciences de la vie et des progrès fantastiques de la biotechnologie. De nouveaux remèdes, un environnement plus sûr et de meilleures sources de nourritures nous sont promis. Il ne fait aucun doute que ces découvertes et ces avancées, qui ne cessent de s'accélérer et qui sont indissociables des progrès des technologies de l'information, finiront par révolutionner nos vies.

Les articles de ce numéro du *Forum du désarmement* évoquent ces différentes avancées pour nous rappeler une réalité inquiétante et une interrogation qui est toujours sans réponse. Le fait est que toutes les découvertes et les avancées scientifiques majeures ont, à un moment ou à un autre, été employées à des fins hostiles sur une très grande échelle. La première guerre mondiale en fit la démonstration dans le domaine chimique et la seconde guerre mondiale n'aurait bien évidemment pas abouti à l'utilisation d'armes nucléaires sans les avancées de la physique nucléaire. La question qui se pose est la suivante : si les avancées des sciences de la vie et de la biotechnologie sont détournées à des fins hostiles, quelles seront les conséquences pour l'humanité ? Il convient d'ajouter que par rapport aux armes nucléaires ou chimiques, l'utilisation à des fins hostiles de toute découverte des sciences de la vie pourrait conduire à la propagation d'une maladie contagieuse dont personne ne peut prédire les conséquences.

Les armes chimiques ont rarement été utilisées et les armes biologiques encore plus rarement. Reste que les avancées des sciences de la vie et de la biotechnologie pourraient marquer le début d'une ère marquée par le recours à de nouvelles armes chimiques et biologiques ; certaines correspondraient aux définitions des agents chimiques et biologiques de la Convention sur les armes biologiques ou à toxines (de 1972) et de la Convention sur les armes chimiques (de 1993). Ces nouveaux agents pourraient être conçus plus facilement, avoir des effets plus ciblés ou être plus difficiles à détecter. De nouveaux moyens de propager des agents, nouveaux ou « classiques », pourraient être mis au point en même temps que les moyens de vaincre les défenses naturelles ou acquises des cibles visées. L'utilisateur pourrait bénéficier d'une plus grande sécurité pour lancer une attaque. En bref, nombre des inconvénients des armes chimiques et biologiques seraient ainsi éliminés ; les nouvelles armes chimiques et biologiques pourraient apparaître comme une option nettement plus intéressante pour tous ceux qui envisageraient de les utiliser.

L'utilisation de l'expression « non létale » s'agissant de certaines armes nouvelles n'a fait qu'ajouter à la confusion et ce, de manière totalement délibérée, selon moi. D'aucuns parlent d'armes biologiques et chimiques « non létales » et leurs partisans vont même jusqu'à prôner une révision de la Convention sur les armes biologiques et de la Convention sur les armes chimiques pour permettre ces possibilités « non létales ». Rien ne prouve que les armes chimiques ou biologiques sont forcément « létales », mais rien ne prouve non plus que de nouveaux agents seraient « non létaux ». Il est impossible de

parler de létalité sans tenir compte de la dose absorbée par la victime et de la vulnérabilité de cette personne. Autrement dit, sur le nombre de personnes touchées par une arme, la proportion de ceux qui meurent (ou létalité) dépend du contexte ; ce n'est pas une propriété de l'arme. Les recherches scientifiques qui produisent des armes biologiques et chimiques « non létales » ne feront pas avancer l'humanité. C'est pourquoi la conduite de telles recherches est interdite.

Si nous avons fermé collectivement les yeux sur toutes ces questions c'est parce qu'elles sont très complexes. Elles sont si complexes que le seul moyen de les résoudre sera de revenir aux principes fondamentaux et de tenir compte de deux points essentiels. Premièrement, toute la question est d'empêcher que les progrès des sciences de la vie et de la biotechnologie ne soient utilisés à des fins d'empoisonnement ou pour propager délibérément une maladie infectieuse. Par extrapolation, cela impliquerait une attitude préventive en matière de santé publique. Deuxièmement, l'humanité est à la fois celle qui justifie et celle qui profite de cette prévention. Les liens entre ces deux éléments sont intuitifs. Reste que pour une prévention concrète et efficace, ainsi qu'une concertation utile au niveau international dans le sens de cette prévention, nous devons dépasser notre intuition.

Lorsqu'il se penche sur toute question complexe liée aux armes, le Comité international de la Croix-Rouge (CICR) se réfère à un modèle scientifiquement valide sur la violence armée et ses conséquences. Ce modèle propose une approche uniformisée, utilise une méthodologie de santé publique et s'applique à l'utilisation de tout type d'arme, dans n'importe quelle situation, entraînant toutes sortes d'effets sur les victimes. Le modèle précise que la conception et la mise au point des armes, leur fabrication et leur transfert sont des éléments indispensables pour que ces armes puissent être utilisées et, partant, pour que des victimes en subissent les conséquences. Ce modèle établit ensuite un lien entre les effets de tout acte de violence armée sur la victime et différents facteurs indispensables et plus particulièrement la conception, la fabrication, le transfert et l'utilisation des armes. Dans le cas de l'utilisation d'armes chimiques ou biologiques, les éléments qui déterminent l'empoisonnement ou la propagation délibérée de maladies infectieuses sont :

- La *vulnérabilité* de la victime (le risque qu'elle souffre d'empoisonnement ou de la diffusion délibérée d'une maladie infectieuse) ;
- La façon dont les armes chimiques ou biologiques sont utilisées (*utilisation*) ;
- Le nombre potentiel d'armes (ce qui correspond à la *fabrication* et au *transfert* d'armes chimiques et biologiques) ;
- La capacité des armes à entraîner des conséquences (ce qui correspond aux phases de *conception* et de *mise au point* des armes chimiques et biologiques).

Tous ces éléments sont nécessaires, mais aucun ne peut suffire à provoquer des effets. (S'agissant des armes chimiques et biologiques « non létales », chaque facteur est nécessaire, mais pas suffisant pour entraîner la mort – ou la survie – des personnes touchées. Cela souligne à quel point la létalité – ou la non-létalité – n'est pas une caractéristique d'une arme.)

La moindre mesure susceptible d'empêcher l'empoisonnement et la propagation délibérée de maladies infectieuses porte sur l'un, ou plusieurs, de ces facteurs. Par exemple, la façon dont la capacité de réaction au niveau de la santé publique permet de réduire la *vulnérabilité* ; l'interdiction totale et, au niveau national, le fait de criminaliser l'empoisonnement et la propagation délibérée d'une maladie permettent de lutter contre l'*utilisation* ; les inspections, les renseignements et la réglementation douanière agissent sur la *fabrication* et les *transferts* vers des utilisateurs potentiels ; promouvoir l'idée de responsabilité auprès des scientifiques permettrait de lutter contre la *conception* et la *mise au point* de telles armes. Ces mesures se recoupent et intègrent les obligations qui incombent aux États en vertu de la Convention sur les armes chimiques et de la Convention sur les armes biologiques ou à toxines.

Toutes ces mesures sont bien évidemment nécessaires, mais aucune ne peut suffire à réduire le risque d'empoisonnement ou de propagation délibérée de maladies infectieuses.

Cette approche est à la base du concept de « réseau de prévention » que cherche à promouvoir le CICR. Les aspects pratiques de cette idée sont repris dans une série d'impératifs : Prenez conscience des risques ! Faites tout ce que vous pouvez dans votre domaine pour limiter les risques ! Écoutez ce que les autres font ! Coordonnez vos idées et vos actes ! Les scientifiques qui craignent que cette approche implique une plus forte réglementation de leurs travaux sont les plus réticents face à ces messages. Nombre d'entre eux disent : « Nous ne sommes pas le problème. Nous ne fabriquons pas les armes chimiques et biologiques ! ». La réponse qui s'impose est la suivante : « Nous savons que vous n'êtes pas le problème, mais vous êtes un élément de la solution car il est de votre responsabilité professionnelle et juridique d'empêcher les actes d'empoisonnement et de propagation délibérée de maladies ». Nous devons tous apprendre à réfléchir et à agir au sein d'un réseau de prévention.

En plus de représenter un cadre d'action, le réseau de prévention nous permet d'évoquer avec bon sens un sujet que nous semblons avoir du mal à envisager sous l'angle du bon sens. Cela nous permet de souligner que le fait de chercher à limiter le risque de voir les progrès des sciences de la vie et de la biotechnologie être utilisés pour empoisonner des personnes ou pour propager délibérément une maladie infectieuse est, par la force des choses, une entreprise multidisciplinaire qui doit être menée en collaboration. Il est difficile de voir comment optimiser autrement les avantages de ces découvertes pour l'humanité et comment limiter autant que possible les risques de leur utilisation à des fins hostiles avec des résultats potentiellement catastrophiques pour l'humanité.

Mais qu'entendons-nous par humanité ? Nous considérons, dans le présent article, deux acceptions du mot humanité. L'une désigne l'existence collective de tous les êtres humains. L'autre est une attitude, une moralité ou un sentiment de bienveillance à l'égard de ses semblables. D'aucuns peuvent juger trop théorique une analyse plus poussée. Il est pourtant intéressant d'examiner de plus près ces deux acceptions et de voir comment elles interagissent.

L'humanité, selon la première acception, concerne bien plus que la seule espèce des *homo sapiens*. Elle signifie la vie collective des êtres humains et la sécurité que cela représente. Cette sécurité implique toutefois que des lois soient appliquées et que les nations soient défendues. Une capacité de violence armée est donc nécessaire ; elle se trouve entre les mains de sections désignées de notre société. Cette capacité est, ou devrait être, rigoureusement réglementée. Autrement dit, une capacité de violence armée et la réglementation de cette capacité sont indispensables dans le cadre d'une existence collective réussie. Nous voyons alors en quoi le droit international, en évitant des confrontations armées coûteuses entre les pays, défend l'humanité au sens collectif. Si nous acceptons que le succès de notre existence collective dépende d'une capacité de violence armée fortement réglementée, nous devons nous demander pourquoi l'utilisation d'armes chimiques et biologiques ne peut en faire partie. La réponse est évidente : l'empoisonnement et la propagation délibérée de maladies infectieuses n'ont jamais été compatibles avec la notion de recours raisonnable à la force dans une société et, en temps de guerre, ont toujours été jugés odieux. Ces armes sont totalement interdites par la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines ; c'est à la fois une conséquence et une confirmation du fait que ces armes sont tenues pour atroces. Autrement dit, il ne peut y avoir d'utilisation acceptable des armes chimiques et biologiques. (J'admets une seule exception possible : l'utilisation contrôlée d'agents lacrymogènes en plein air, autrement dit pour la répression des émeutes.) Enfin, pour souligner le lien qui existe entre les notions d'humanité au sens collectif, la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines comportent toutes deux, dans leur préambule, l'alinéa suivant : « Résolus, dans l'intérêt de l'humanité tout entière, à exclure totalement la possibilité [de l'emploi des armes chimiques et biologiques] ».

L'humanité, selon la deuxième acception – l'esprit, le sentiment ou la moralité – est citée comme une source de droit international. La Déclaration de Saint-Petersbourg de 1868, qui interdisait

L'utilisation des balles explosives, est la source de la maîtrise des armements moderne (et de nombreux principes de droit international humanitaire). La déclaration, qui était le fruit d'une commission *militaire*, mentionne une fois « les exigences de l'humanité » et deux fois « les lois de l'humanité ». Il n'est que trop évident que les auteurs de cette déclaration estimaient que ceux qui découvrent de nouvelles techniques pour la mise au point de matériel de guerre ont à en répondre devant l'humanité. La fameuse clause Martens, apparue avec la Convention de la Haye de 1899 et énoncée dans la quatrième Convention de la Haye de 1907, invoque « les lois de l'humanité, et les exigences de la conscience publique ». L'humanité, en tant que principe premier du Mouvement international de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, fait clairement référence à l'esprit qui motive certaines actions ; ce concept reste toutefois ambigu. Cette notion d'humanité est plus concrète dès l'instant où elle est envisagée comme le contraire de l'inhumanité. Et les actes d'inhumanité sont rares à ne pas impliquer l'utilisation, la menace ou la coercition de la violence armée. (La définition de « crimes contre l'humanité » dans le Statut de Rome de la Cour pénale internationale de 1998 en est la preuve, même s'il est vrai que rien ne précise quelle humanité est visée par cette catégorie de crime. Peut-être les deux ?) Quel que soit le cas, la plupart des personnes qui travaillent pour garantir l'interdiction totale des armes chimiques et biologiques ne considéreraient-elles pas comme un acte d'inhumanité la violence armée qui aurait recours à l'empoisonnement ou à la propagation délibérée d'une maladie ?

Il faut arrêter de jouer sur les mots. Ces deux notions d'humanité sont interdépendantes. Autrement dit, l'existence collective positive à laquelle aspire tout être humain nécessite une moralité ou un sentiment de bienveillance envers ses semblables (y compris une aversion pour l'inhumanité). Vu l'interdépendance de ces deux notions, il est évident que l'humanité, au sens général, est une condition du droit international et qu'elle est protégée par ce droit. Les deux notions d'humanité se rejoignent en fait là où le droit international régleme la violence armée et empêche certains effets de la violence armée, comme le montrent les deux principales conventions qui interdisent l'empoisonnement et la propagation délibérée de maladies infectieuses. La conclusion qui s'impose est la suivante : les deux acceptions de l'humanité sont profondément ancrées dans la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines et sont nécessaires pour l'avenir de l'humanité au sens collectif.

L'idée d'éviter que les découvertes des sciences de la vie et de la biotechnologie ne soient utilisées pour faciliter l'empoisonnement ou la propagation délibérée de maladies infectieuses devrait être considérée comme un objectif crucial pour l'humanité, une mission qui ne pourra plus être ignorée très longtemps. Le réseau de prévention favorise un dialogue fondé sur le bon sens et améliore les chances que les mesures prises réduisent les risques autant que possible. Il manquera un élément vital à ce réseau de prévention si les politiques, les diplomates, les juristes et les scientifiques qui travaillent sur la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines n'estiment pas qu'ils ont une responsabilité à l'égard de l'humanité et n'adaptent pas en conséquence leurs convictions et leur comportement.

### **Robin M. Coupland**

Conseiller médical sur la violence armée et les effets des armes  
Division juridique du Comité international de la Croix-Rouge

*Les vues exprimées dans cet article sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement les idées ou la politique du CICR.*

## La science, la technologie et les régimes de contrôle des armes chimiques et biologiques

Alexander KELLE

Les avancées scientifiques et technologiques peuvent avoir des effets positifs, mais aussi négatifs, sur les sociétés et sur les relations qu'elles entretiennent. Dans les domaines de la chimie, de la biologie et, plus généralement, des sciences de la vie, les scientifiques qui conduisent des recherches pointues le font, généralement, dans l'optique d'améliorer la condition de l'être humain en mettant au point, notamment, de nouveaux médicaments. Il n'en reste pas moins qu'un nombre considérable de composés chimiques et de micro-organismes peuvent avoir des effets utiles ou nocifs.

De nombreux produits chimiques toxiques, leurs précurseurs, ainsi que les pathogènes et leurs processus de fabrication sont utilisés dans des applications civiles tout à fait légitimes. En même temps, l'histoire de la chimie et de la biologie regorge de découvertes qui furent, par la suite, utilisées à des fins d'armement. La capacité des produits chimiques toxiques et des micro-organismes pathogènes à être utilisés dans des applications mixtes n'est donc pas une propriété abstraite. Les différentes utilisations qui peuvent être faites de ces substances et organismes ont exercé une très grande influence sur la logique militaire et – dans le cas des armes chimiques – sur l'histoire de la guerre. Toute initiative visant à empêcher l'utilisation de produits chimiques toxiques ou de micro-organismes pathogènes à des fins militaires offensives doit tenir compte des possibilités d'utilisations mixtes de nombre de ces produits chimiques, de ces organismes, du matériel et des processus connexes.

À titre d'exemple, le chlore et le phosgène – deux des principaux agents chimiques utilisés pendant la première guerre mondiale – sont largement utilisés comme produits industriels dans diverses applications. Le phosgène est notamment employé dans des pesticides, des produits pharmaceutiques et des colorants. Différentes activités industrielles utilisent aujourd'hui des composés à base de cyanure et notamment la fumigation, le traitement de minerais métalliques et la fabrication de produits d'entretien pour les métaux. Ces possibilités d'utilisations mixtes sont également très importantes dans le domaine des armes biologiques, ce qui a de sérieuses conséquences au niveau de la vérification des applications pacifiques des agents de guerre chimique et biologique.

Dans la prochaine section, nous ferons le point sur les découvertes scientifiques et technologiques réalisées par le passé et la façon dont elles ont été utilisées dans des programmes offensifs de guerre chimique et biologique. Nous examinerons ensuite les mécanismes de contrôle qui existent aujourd'hui pour les armes chimiques et biologiques et verrons comment ils tiennent compte de l'évolution des

---

Alexander Kelle est chargé de cours, School of Politics and International Studies, Queen's University Belfast. Auparavant, Alexander Kelle a été chargé de recherche (Marie Curie Research Fellow) à l'Université de Bradford et Science Fellow à la CISAC de l'Université de Stanford. Il a publié « Assessing the Effectiveness of Security Regimes—The Chemical Weapons Control Regime's First Six Years of Operation », *International Politics*, 2004, vol. 41, p. 221 et 242, et avec M. Dando et K. Nixdorff (sous la direction de), 2001, *The Role of Biotechnology in Countering BTW Agents*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

sciences de la vie. Dans la dernière partie, nous analyserons comment la révolution des biotechnologies pourrait influencer l'avenir des régimes de contrôle des armes chimiques et biologiques. Comme il existe de nombreuses analyses détaillées sur différents aspects de la révolution biotechnologique et sur ses conséquences pour la maîtrise des armements biologiques, nous insisterons davantage, dans cet article, sur les conséquences pour la maîtrise des armements chimiques.

### ***Les découvertes scientifiques et technologiques passées et leur utilisation dans des programmes d'armements chimique et biologique***

Lors de la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les découvertes scientifiques et technologiques servirent à mettre au point des programmes offensifs d'armement chimique et biologique. Dans le domaine de la chimie, ce fut un aspect précis de la révolution industrielle qui rendit possible la guerre chimique lors de la première guerre mondiale<sup>1</sup> – la « liquéfaction du chlore à grande échelle et son conditionnement dans des cylindres<sup>2</sup> ». Elle fut réalisée, en 1888, par la société allemande BASF<sup>3</sup>.

Il n'est donc pas étonnant que le chlore ait été le premier agent de guerre chimique utilisé à grande échelle : près de 150 tonnes de chlore furent utilisées par l'armée allemande, le 22 avril 1915, près d'Ypres sur le front occidental. Alors que des moyens de protection contre le chlore et le phosgène étaient mis au point, sous la forme de masques à gaz, la première course aux armements offensifs-défensifs s'engageait avec la mise au point d'agents chimiques comme l'ypérite (ou gaz moutarde) pour contourner la protection respiratoire qu'offraient les masques<sup>4</sup>.

Malgré plusieurs traités de paix et le Protocole de Genève de 1925, le réarmement chimique eut lieu dans les années 20 et 30. Dans le cas de l'Allemagne, par exemple, ce réarmement chimique contrastait fortement avec le traité de paix de Versailles conclu à la fin de la première guerre mondiale. Ce fut pourtant en Allemagne que les recherches civiles portant sur un nouveau groupe de composés organophosphorés conduisit à la mise au point et à la fabrication du premier agent neurotoxique, tabun, en décembre 1936. Cette découverte fut suivie de la synthèse du sarin, en 1939, puis du soman, en 1944. Après la deuxième guerre mondiale, les travaux civils visant à exploiter le nouveau groupe de composés organophosphorés toxiques se poursuivirent et débouchèrent sur la mise au point de composés encore plus toxiques (certains furent introduits comme pesticides, mais durent être retirés en raison de leur toxicité pour l'homme). L'un de ces composés super-toxiques fut adopté par l'armée américaine dans les années 50 et devint connu comme l'agent de guerre chimique VX<sup>5</sup>.

Les agents biologiques furent utilisés pour la première fois, voilà déjà plusieurs siècles<sup>6</sup>. L'utilisation systématique, à des fins d'armement, de pathogènes ou de substances toxiques produites naturellement n'a pourtant été possible qu'avec les nouvelles connaissances scientifiques sur la vie et ses processus. La nature et l'ampleur de la guerre biologique changèrent radicalement avec la révolution des sciences de la vie qui commença à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Comme l'a démontré Dando pour « les trois générations de programmes offensifs de guerre biologique » du XX<sup>e</sup> siècle, tous les programmes militaires se développèrent « avec les nouvelles connaissances scientifiques »<sup>7</sup>. Selon lui, les programmes militaires d'armement biologique suivaient les découvertes scientifiques dans différents domaines : la *bactériologie*, qui fut utilisée pour lancer des actes de sabotage avec des armes biologiques lors des première et deuxième guerres mondiales ; l'*aérobiologie*, qui fournit des connaissances pour diffuser des agents biologiques sur de grandes zones géographiques et rendit possible l'utilisation d'agents non contagieux comme armes pouvant infliger des pertes massives ; et le *génie génétique*, qui joua un rôle important dans le programme offensif d'armement biologique de l'ex-Union soviétique<sup>8</sup>.

## ***Les mécanismes actuels de contrôle sur les armes chimiques et biologiques et leurs rapports avec les découvertes des sciences de la vie***

Les régimes de contrôle des armes chimiques et biologiques remontent à 1925 avec l'adoption du Protocole concernant la prohibition d'emploi à la guerre de gaz asphyxiants, toxiques ou similaires et de moyens bactériologiques. Ce protocole avait été conçu, à l'origine, comme une réponse face aux très nombreuses utilisations d'armes chimiques lors de la première guerre mondiale ; l'expression « moyens bactériologiques » fut ajoutée dans le Protocole suite à une initiative polonaise. Le Protocole, entré en vigueur en 1928, compte aujourd'hui 133 États membres. Aujourd'hui, les régimes des armes chimiques et biologiques dépendent de deux traités internationaux : la Convention sur les armes biologiques ou à toxines<sup>9</sup> et la Convention sur les armes chimiques<sup>10</sup>.

La Convention sur les armes chimiques fut ouverte à la signature en janvier 1993 ; elle est entrée en vigueur le 29 avril 1997. Elle interdit de mettre au point, fabriquer, employer ou conserver des armes chimiques et demande aux États qui en détiennent de les détruire dans un délai de 10 ans. En raison du problème d'utilisations mixtes, le critère de destination générale fut inclus dans la Convention. Selon cette disposition, les produits chimiques toxiques qui pourraient être utilisés à des fins malveillantes comme armes chimiques ne sont pas complètement interdits. Les négociateurs de la Convention sur les armes chimiques avaient conscience que ce domaine connaîtrait des avancées scientifiques et technologiques. Ils établirent donc une procédure pour les examiner lors des conférences d'examen et créèrent le Conseil scientifique consultatif, chargé de conseiller l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC) sur les questions scientifiques et technologiques.

Les agents de guerre chimique et les moyens utilisés pour les fabriquer reposent sur des technologies éprouvées depuis longtemps. Un proliférateur potentiel décidé à conduire clandestinement un programme d'armes chimiques n'a pas nécessairement besoin des dernières connaissances chimiques ou autres pour se doter de capacités d'armement chimique importantes. Il n'empêche que trois phénomènes concernant les applications chimiques civiles et militaires pourraient bien influencer la façon dont nous devons considérer les agents de guerre chimique et les moyens d'empêcher que des produits chimiques toxiques soient utilisés à des fins militaires offensives. Deux de ces tendances – l'évolution de l'industrie chimique et l'intérêt renouvelé pour les armes « non létales » – sont directement liées au régime de contrôle des armes chimiques et à son efficacité. Le troisième point, autrement dit l'incidence de la révolution biotechnologique sur la force ou la viabilité à long terme du régime de contrôle des armes chimiques, sera abordé dans la dernière partie.

### L'ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE

L'industrie chimique connaît deux phénomènes particulièrement inquiétants pour ce qui est de vérifier que les produits chimiques toxiques sont utilisés dans des applications pacifiques. Premièrement, la tendance n'est plus à la production continue d'un produit chimique en grande quantité dans une installation spécifiquement conçue à cet effet. Les sociétés sont de plus en plus nombreuses à utiliser des installations de fabrication plus petites mais polyvalentes, qui peuvent passer très rapidement de la fabrication d'un produit chimique à un autre. Ces installations pourraient facilement passer au travers du système d'inspection et de déclaration de la Convention sur les armes chimiques. L'utilisation de telles installations permettrait théoriquement à un proliférateur potentiel de répartir la fabrication de produits chimiques précurseurs ou même d'agents de guerre chimique entre différentes installations pour éviter d'être repéré.

Deuxièmement, au cours des dix dernières années, un grand nombre d'industries chimiques classiques ont été divisées et remplacées par ce qu'on nomme des « parcs industriels ». Cela pourrait poser un problème pour appliquer les mesures de vérification prévues par la Convention sur les armes chimiques car les définitions qu'elle stipule et qui constituent la base des mesures de vérification supposent l'existence de sites d'usines, très répandus dans les années 80, lorsque la Convention fut négociée. Un bon exemple pour illustrer ce phénomène est celui de Hoechst AG, près de Francfort (en Allemagne), qui a été transformé en un parc industriel regroupant plus de 75 sociétés internationales dans les domaines de la chimie et des sciences de la vie, et qui emploie plus de 22 000 personnes<sup>11</sup>. Pour préserver l'efficacité du système de vérification sur les industries prévu par la Convention sur les armes chimiques, les évolutions de ce genre doivent être étroitement surveillées et les procédures de vérification être adaptées à ce nouvel environnement. Comme l'ont montré les débats tenus lors de la première conférence d'examen de la Convention sur les armes chimiques, en 2003, de nombreux États parties ne sont pas prêts à appuyer une telle adaptation. Ils soutiennent même que les activités de vérification de l'OIAC ne devraient pas changer ; le régime s'expose donc au risque d'être, un jour, dépassé par les progrès de l'industrie chimique<sup>12</sup>.

#### L'INTÉRÊT POUR LES ARMES NON LÉTALES

Tout aussi important, l'intérêt renouvelé pour les armes chimiques dites « non létales » risque de compromettre le régime de contrôle actuel et la force qu'il aura à l'avenir. S'il était besoin d'un événement pour sensibiliser les gens à ce problème, il s'est assurément produit en 2002, avec l'utilisation d'un « dérivé du fentanyl » – appelé ainsi par les autorités russes – pour mettre un terme à une prise d'otages dans un théâtre de Moscou<sup>13</sup>. Cet incident ne représente toutefois que la partie visible de l'iceberg, puisque la Russie n'est pas le seul pays intéressé par l'utilisation d'armes chimiques « non létales » pour un certain nombre de scénarios militaires et policiers, autres que la guerre. L'armée américaine manifeste un très vif intérêt pour la mise au point de ce type de capacités<sup>14</sup>.

D'un point de vue scientifique et technique, le principal problème avec les armes « non létales » c'est précisément qu'elles ne sont pas « non létales », comme l'ont clairement démontré les événements du théâtre de Moscou : près de 130 otages sur les 830 retenus sont morts à cause du gaz utilisé. Cela représente un taux de mortalité d'environ 16%.

***Le principal problème avec les armes « non létales » c'est précisément qu'elles ne sont pas « non létales », comme l'ont clairement démontré les événements du théâtre de Moscou : près de 130 otages sur les 830 retenus sont morts à cause du gaz utilisé.***

Par comparaison, les agents chimiques de la première guerre mondiale, comme le chlore, le phosgène et l'ypérite (ou gaz moutarde), qui sont interdits par la Convention sur les armes chimiques et qui figurent sur ses tableaux de produits chimiques, ont un taux de létalité d'environ 7%<sup>15</sup>.

Même à supposer que des armes chimiques non létales soient techniquement possibles, rien ne garantit que leur utilisation entraînerait simplement une incapacité temporaire des personnes exposées à ces agents et non pas leur mort. La prise d'otages de Moscou offre des indications intéressantes : Les forces de sécurité russes avaient, de toute évidence, reçu l'ordre de tirer sur les preneurs d'otages qui devaient être gênés par le gaz utilisé dans le théâtre. Cela aurait pu être le meilleur moyen de s'assurer qu'aucun preneur d'otages ne soit en mesure d'utiliser les explosifs, mais cela souligne une faille majeure de l'argumentation des partisans des armes chimiques « non létales ». Ces incapacitants sont souvent utilisés en conjonction avec une force militaire létale ; dans ce contexte, ils servent plus à multiplier la force qu'à sauver des vies. Des armes chimiques « non létales » furent utilisées exactement selon la même logique lors de la guerre du Viet Nam, au cours de laquelle l'armée américaine utilisa l'agent CS en très grande quantité (4,5 millions de kilos).

Une analyse sur l'utilisation opérationnelle du CS, réalisée après la guerre et déclassifiée en 1979, a conclu que le CS n'avait pas été utilisé contre des non-combattants ni dans des opérations visant à sauver des civils et que « la diminution des pertes humaines n'avait pas concerné l'ennemi ni le personnel non-combattant, mais plutôt les troupes amies, puisque l'utilisation du CS avait permis de rendre les autres tirs plus efficaces »<sup>16</sup>.

Avant la première conférence d'examen de la Convention sur les armes chimiques, les ONG – et notamment l'Union internationale de chimie pure et appliquée – firent un certain nombre de remarques sur les avancées scientifiques et technologiques importantes dans le cadre de la Convention sur les armes chimiques ; elles furent ensuite reprises par les organes de l'OIAC, et plus particulièrement par le Conseil scientifique consultatif et par différents États parties.

Dans son rapport à la Conférence d'examen, le Conseil scientifique consultatif notait, *entre autres*, qu'il :

était conscient des inquiétudes s'agissant de la mise au point de nouveaux agents de lutte antiémeute et d'autres armes dites « non létales » qui utilisent certains produits chimiques toxiques (comme des incapacitants, des agents calmants, des vomitifs, et autres). ... Sur la base de l'expérience passée et le fait que nombre de ces composés agissent sur le système nerveux central, il semble peu probable, sur un plan scientifique, que des composés présentant un taux d'innocuité suffisant puissent être découverts. ...

Le Conseil scientifique consultatif a souligné l'importance que tous les nouveaux produits chimiques toxiques, quels que soient leur origine ou leur méthode de synthèse, soient couverts par la définition de la Convention sur les armes chimiques...<sup>17</sup>.

Les questions scientifiques et technologiques n'occupaient pas une position importante dans l'ordre du jour de la Conférence d'examen. Ces questions – ou, pour être plus précis, le Rapport du Conseil scientifique consultatif présenté à la Conférence par le Directeur général – figurent pourtant dans le rapport d'examen, dans la partie sur les dispositions générales de vérification et dans celle sur les activités non interdites par la Convention.

Les questions portant sur les armes « non létales » et sur les incapacitants chimiques qui firent l'objet d'une attention considérable avant la Conférence, furent presque totalement absentes des débats. Lors du débat général, deux États parties – la Nouvelle-Zélande et la Suisse – firent explicitement référence aux dangers que représentaient, pour le régime, les armes « non létales » ; la seule occasion de débattre publiquement de cette question fut la rencontre organisée par l'OIAC, intitulée « Open Forum on the Chemical Weapons Convention », et qui était soutenue par un certain nombre d'ONG. Elle comprenait un groupe de discussion sur le thème « The Chemical Weapons Ban and the Use of Incapacitants in Warfare and Law Enforcement ». Il n'est pas étonnant que le texte du rapport d'examen ne comportait aucune référence explicite aux incapacitants ni aux armes « non létales ». Il faisait néanmoins allusion aux définitions stipulées à l'article II de la Convention, en soulignant que la Conférence estimait qu'elles couvraient correctement les avancées scientifiques et technologiques.

Quant à la Convention sur les armes biologiques, elle précise dans son article premier que :

Chaque État partie à la présente Convention s'engage à ne jamais, et en aucune circonstance, mettre au point, fabriquer, stocker, ni acquérir d'une manière ou d'une autre ni conserver :

1) Des agents microbiologiques ou autres agents biologiques ainsi que des toxines, quels qu'en soient l'origine ou le mode de production, *de types et en quantités qui ne sont pas destinés à des fins prophylactiques, de protection ou à d'autres fins pacifiques* ; [passage souligné par l'auteur]

Comme dans le cas de la Convention sur les armes chimiques, le critère de destination générale précise clairement que les utilisations pacifiques des sciences biologiques sont légitimes pour les États parties à la Convention, et permet l'emploi de toxines ou d'organismes pathogènes, en quantités qui ne sont pas destinées à des fins d'armement biologique. Il n'empêche, qu'à la différence du régime de contrôle des armes chimiques, la Convention sur les armes biologiques ne contient aucune disposition en matière de vérification et qu'aucune organisation internationale n'a été créée pour superviser l'application des dispositions du régime. En raison de l'échec des efforts du Groupe spécial visant à négocier un protocole de vérification juridiquement contraignant pour la Convention sur les armes biologiques, qui aurait permis de tels mécanismes et structures, les États parties ne peuvent aborder la question des progrès scientifiques et technologiques que lors des conférences d'examen et faire figurer leur position sur les avancées scientifiques et technologiques pertinentes et leur influence sur le régime de contrôle des armes biologiques que dans les documents finals publiés à l'issue de ces conférences.

Lors de la première conférence d'examen de la Convention sur les armes biologiques, en 1980, la réaffirmation de la portée de l'article premier soulignait simplement que « la Conférence estime que les dispositions de l'article premier se sont révélées suffisamment larges pour couvrir toute réalisation scientifique et technologique nouvelle ayant un rapport avec la Convention »<sup>18</sup>. La révolution biotechnologique n'en était qu'à ses débuts, ce qui explique le laconisme de cette remarque.

En raison des avancées rapides dans les domaines du génie génétique et de la biotechnologie, la deuxième conférence d'examen, en 1986, ressentit le besoin d'une déclaration finale plus précise et mentionna les domaines qui suscitaient la plus grande inquiétude. La Déclaration finale de 1986 insiste donc sur « les domaines de la microbiologie, du génie génétique et de la biotechnologie, et des risques de l'emploi de ces réalisations et applications à des fins incompatibles avec les objectifs et les dispositions de la Convention ». Elle précise aussi que « l'article premier s'applique à toutes les réalisations et applications de ce genre » et que « la Convention s'applique sans équivoque à tous les agents microbiologiques ou autres agents biologiques et toxines, qu'ils soient produits naturellement ou artificiellement, ainsi qu'à leurs composants, quels qu'en soient l'origine ou le mode de production »<sup>19</sup>.

La Déclaration finale de la troisième conférence d'examen, en 1991, reprenait en fait celle de 1986. Lors de la quatrième conférence d'examen, en 1996, les États parties ressentirent le besoin d'ajouter que les interdictions de la Convention sur les armes biologiques s'appliquent aussi à « toutes applications issues d'études sur le génome »<sup>20</sup>. Les États parties étaient conscients des possibilités d'utilisations des découvertes scientifiques et inclurent les applications issues d'études sur le génome avant que ne soit décodé le génome humain.

Les progrès continus et rapides enregistrés dans différents domaines des sciences de la vie entre les quatrième et cinquième conférences d'examen se reflétèrent dans un certain nombre de propositions soumises par les États parties à la cinquième conférence d'examen, en 2001. Comme le précisait la déclaration des États-Unis :

Au cours de la période qui s'est écoulée après la quatrième Conférence d'examen, de 1996, il y a eu des progrès significatifs dans le domaine de la biotechnologie. [...] Ce sont les applications à l'évolution moléculaire dirigée (c'est-à-dire la modification génétique), à la protéomique, à la bio-informatique et à la vaccinologie qui intéressent tout particulièrement la Convention. Le nombre des pays qui se dotent de capacités biotechnologiques ou renforcent les capacités déjà en place dans ce domaine ne cesse pas de croître, tandis que les applications continuent de gagner du terrain dans les secteurs commerciaux [...] <sup>21</sup>.

L'Afrique du Sud n'abordait, pour sa part, que les progrès ayant « un rapport avec les agents de lutte biologique et les phyto-inoculum »<sup>22</sup>, rappelant ainsi aux États parties que les interdictions de la Convention sur les armes biologiques s'appliquent à la guerre biologique contre les plantes, mais

aussi contre les animaux. Malheureusement, en raison de l'impossibilité de conclure un document final lors de la cinquième conférence d'examen, ces interprétations des États parties à la Convention sur les armes biologiques au sujet des progrès scientifiques ayant un rapport avec la Convention n'ont pu être inscrites dans un document consensuel.

En somme, le régime de contrôle des armes chimiques est bien mieux équipé que celui des armes biologiques avec des structures et des procédures qui lui permettent de gérer les avancées scientifiques et technologiques qui pourraient compromettre son efficacité et sa force. Comme le montrent les changements de l'industrie chimique et l'intérêt renouvelé pour les incapacitants chimiques, lorsqu'il s'agit de surmonter les difficultés scientifiques et technologiques, la volonté qu'ont les États parties à la Convention sur les armes chimiques de s'engager pour régler ces questions laisse à désirer.

*Lorsqu'il s'agit de surmonter les difficultés scientifiques et technologiques, la volonté qu'ont les États parties à la Convention sur les armes chimiques de s'engager pour régler ces questions laisse à désirer.*

### ***La révolution biotechnologique et l'avenir des régimes de contrôle des armes chimiques et biologiques***

Il est communément admis que la révolution biotechnologique et l'utilisation croissante du génie génétique ne touchera que le régime de contrôle des armes biologiques, mais pas du tout (ou que marginalement) celui des armes chimiques. L'on oublie souvent que nombre des produits qui découlent de la révolution biotechnologique et qui peuvent influencer, à différents niveaux, les processus de la vie, sont essentiellement des composés chimiques. Tous les composés chimiques qui ont des propriétés toxiques sont visés par les interdictions de la Convention sur les armes chimiques. Plus précisément, les dangers que représentent une chimie non contrôlée au <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle sont doubles : premièrement, de nouveaux composés biochimiques toxiques, extrêmement puissants, pourraient être mis au point et utilisés comme armes chimiques. Cela porterait atteinte à la norme d'interdiction contre les armes chimiques. Le deuxième danger est celui des possibilités qu'offriront ces nouvelles technologies pour la production d'agents connus ou nouveaux. Les événements qui se produiront dans ces deux domaines viendront certainement remettre en question notre vision actuelle de ce qu'est une arme chimique.

La chimie du <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle sera très différente de celle des années 1980, qui servit de base aux négociations pour le régime de vérification de la Convention sur les armes chimiques. La chimie utilise aujourd'hui d'autres technologies et disciplines scientifiques dans sa quête de nouveaux composés chimiques. S'agissant notamment de la mise au point de médicaments et des modes d'administration, les avancées scientifiques et technologiques de la biotechnologie, de la génomique, de la robotique<sup>23</sup>, des technologies de l'information<sup>24</sup> et de la nanotechnologie<sup>25</sup> facilitent la chimie combinatoire et le criblage à haut débit, qui sont devenus les moteurs de la recherche-développement dans le domaine pharmaceutique<sup>26</sup>.

La révolution génomique, et plus particulièrement les avancées de la génomique fonctionnelle (la capacité d'attribuer des fonctions particulières à un gène précis), améliorent notre compréhension des processus fondamentaux de la vie au niveau moléculaire. Pour ne citer que quelques exemples, cette recherche s'intéresse aux allergies, à l'immunologie, à la respiration, au sommeil et à la dépression. Tous ces travaux visent, bien évidemment, à mieux comprendre l'origine des maladies au niveau génétique pour pouvoir les traiter ou les soigner. Il n'empêche que l'utilisation d'un « gaz neutralisant » lors de la prise d'otages au théâtre de Moscou nous rappelle que des substances pouvant avoir des utilisations médicales parfaitement légitimes peuvent être utilisées à des fins très différentes. Dans ce cas précis, le produit fut employé par les autorités russes ; il n'empêche qu'avec la diffusion des

technologies et des connaissances, de telles utilisations sont aujourd'hui à la portée de certains groupes infra-étatiques comme des organisations terroristes.

La révolution biotechnologique produit d'énormes quantités de données, s'agissant à la fois des génomes séquencés et de nouveaux composés chimiques produits par des moyens combinatoires ; ceux-ci doivent faire l'objet d'un criblage pour analyser leurs propriétés et la possibilité de les utiliser dans de nouveaux médicaments. Selon des estimations prudentes<sup>27</sup>, plus d'un million de composés sont ainsi criblés chaque année rien qu'aux États-Unis et 50 000 d'entre eux sont ensuite éliminés et ne peuvent faire l'objet d'études supplémentaires en raison de leurs propriétés toxiques. Les avancées dans ce domaine progressent rapidement : afin de réduire le délai de mise au point des médicaments, un nouveau système d'information, appelé DrugMatrix, a été conçu par trois sociétés américaines<sup>28</sup>. Ce système contient 2 000 références et modélise les effets (biologiques, toxicologiques et cliniques) probables d'un nouveau médicament. La possibilité d'utiliser à des fins malveillantes un système qui permet d'identifier de nouveaux composés chimiques selon leur toxicité est évidente. À mesure que les algorithmes se préciseront<sup>29</sup>, la possibilité d'identifier des effets toxiques précis de composés chimiques et de les utiliser à des fins malveillantes augmentera.

La révolution technologique dans les sciences de la vie n'influencera pas seulement la mise au point, mais aussi l'administration des produits. Comme le souligne une étude menée récemment sur la question, « à l'heure actuelle, le moyen le plus efficace est l'administration pulmonaire, autrement dit l'inhalation de produits »<sup>30</sup>. Pour être efficace, il faut créer « des particules ou des gouttelettes [...] d'environ 1 à 5 microns »<sup>31</sup>. C'est précisément la taille de particules recherchée pour la militarisation des agents chimiques et biologiques connus, ce qui met clairement en évidence le caractère mixte de ces nouvelles découvertes. Ce risque est aggravé par l'utilisation de nanoparticules, qui pourraient servir à accroître la susceptibilité du tissu pulmonaire face à un agent chimique ou être dirigées contre des tissus particuliers de l'organisme humain pour bloquer, par exemple, des mécanismes de défense<sup>32</sup>.

De la même façon, s'agissant du régime de contrôle des armes biologiques, les découvertes scientifiques et technologiques – surtout dans les domaines de la neurologie et de l'immunologie – progressent rapidement<sup>33</sup>. Comme il n'existe aucun mécanisme de contrôle, l'écart entre les technologies qui devraient être suivies et contrôlées, et les contrôles qui sont effectivement conclus et appliqués ne cesse d'augmenter. Si cette situation continue, l'on peut douter de la possibilité de rallier la volonté politique nécessaire pour créer un système multilatéral de contrôle capable de formuler une mise en garde contre un risque d'utilisation malveillante de recherches pointues dans les sciences de la vie.

Au moment de la cinquième conférence d'examen, certaines découvertes réalisées dans le domaine des sciences de la vie étaient considérées par nombre d'observateurs comme ouvrant largement la voie à d'éventuelles utilisations malveillantes. Ces « recherches contentieuses » portaient sur<sup>34</sup> :

- l'insertion d'un gène interleukine 4 dans le génome du mousepox qui a rendu, de manière involontaire, ce virus potentiellement virulent ;
- la synthèse du génome du poliovirus à partir « d'oligonucléotides synthétisés chimiquement et liés entre eux puis transfectés dans des cellules », ce qui permet de créer de toute pièce un virus infectieux<sup>35</sup> ;
- le transfert du facteur de virulence de la variole (*variola major*) dans le *virus de la vaccine*, nettement moins virulent et généralement utilisé dans la vaccination contre la variole.

Les inquiétudes suscitées par ces expériences dans les médias et les milieux politiques (essentiellement aux États-Unis), ont conduit les US National Academies of Science à créer un comité pour examiner les moyens d'empêcher l'utilisation des avancées scientifiques et technologiques à des

fins hostiles<sup>36</sup>. Ce comité, appelé Comité Fink, a défini une série de recommandations pour tenir compte du contexte dans lequel les sciences de la vie interviennent et éviter que les avancées scientifiques soient utilisées de manière malveillante par des États ou des groupes terroristes dans des programmes d'armement biologique, tout en permettant « aux recherches légitimes d'être réalisées »<sup>37</sup>. Les recommandations du Comité Fink prévoient, *entre autres*, « l'autodiscipline des scientifiques et des revues scientifiques pour contrôler les informations susceptibles de présenter un risque pour la sécurité nationale » et la création d'un National Science Advisory Board for Biodefense (NSABB) chargé de « définir des conseils, des indications et des directions pour le système d'examen et de contrôle [...] »<sup>38</sup>.

S'agissant de la recommandation fixant des limites de publication sur les recherches sensibles, un certain nombre de rédacteurs en chef, s'étaient déjà fixé des restrictions avant la publication du rapport du Comité Fink : en janvier 2003, un groupe de 32 rédacteurs en chef adopta une série de directives sur le thème de la publication scientifique et la sécurité. Après avoir été publiée dans *Science*, cette déclaration parut en février dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences* et dans *Nature*. Les auteurs de cette déclaration :

reconnaissent que les risques de bioterrorisme suscitent des préoccupations légitimes s'agissant de l'utilisation détournée des recherches publiées, mais reconnaissent que la recherche dans ces domaines restent un élément de défense essentiel. [...] Nous reconnaissons qu'un rédacteur en chef peut considérer parfois que les risques potentiels liés à la publication d'une recherche l'emportent sur les avantages pour la société. Dans ce cas, le document doit être modifié ou ne pas être publié<sup>39</sup>.

Le NSABB a été créé dans l'office du directeur des Instituts nationaux de santé<sup>40</sup>. Le NSABB conseille et recommande « des stratégies particulières pour un contrôle réel et efficace de la recherche biologique, conduite ou soutenue par le gouvernement fédéral, pouvant avoir des applications mixtes, en tenant compte à la fois des impératifs de sécurité nationale et des besoins de la communauté des chercheurs »<sup>41</sup>. Le Conseil est composé d'un maximum de 25 membres ayant le droit de vote et dont les domaines de compétence couvrent *entre autres* la génomique, la bactériologie, la virologie, la sécurité biologique en laboratoire et la biosécurité, la santé publique, la production pharmaceutique, la bioéthique, la sécurité nationale, le renseignement et l'application des lois. En outre, plus d'une douzaine de départements ministériels et d'agences sont membres de droit de ce conseil<sup>42</sup>.

Même si les contrôles parallèles des sciences et des technologies qui prennent forme aux États-Unis vont dans la bonne direction, ils se heurtent aux mêmes difficultés que les délibérations des États parties à la Convention sur les armes biologiques lors du « nouveau » processus créé lors de la dernière conférence d'examen : ces initiatives ne favorisent pas une action coordonnée au niveau international ; elles ne contribuent donc pas à l'instauration d'un régime global. Il faudrait, à tout le moins, que ces défauts soient résolus pour favoriser sensiblement les efforts de contrôle des armes biologiques. Il serait important d'appliquer certaines de ces mesures aux contrôles des armes chimiques. Pour éviter l'utilisation malveillante de la chimie au <sup>xxi</sup>e siècle, l'application de la Convention sur les armes chimiques ne peut continuer comme si le temps s'était arrêté. Sinon, les avancées scientifiques et technologiques de la chimie, de la biologie et des sciences de la vie risqueraient d'influencer une nouvelle fois la logique militaire et l'histoire de la guerre.

## Notes

1. Voir F. Aftalion, 2001, *A History of the International Chemical Industry. From the "Early Days" to 2000* (2<sup>e</sup> éd.), Philadelphie, Chemical Heritage Press, et plus particulièrement p. 32 à 101.

2. J. Perry Robinson, 1998, « The Negotiations on the Chemical Weapons Convention: a historical overview », dans M. Bothe, N. Ronzitti et A. Rosas (sous la direction de), *The New Chemical Weapons Convention—Implementation and Prospects*, La Haye, Kluwer Law International, p. 17 à 36, citation p. 18.
3. Voir F. Aftalion, op. cit., p. 91.
4. Sur cette mise au point et les découvertes ultérieures dans la guerre des gaz lors de la première guerre mondiale, voir H. Crone, 1992, *Banning Chemical Weapons*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 16 à 19 ; SIPRI, 1971, *The Problem of Chemical and Biological Warfare. Volume I: The Rise of CB Weapons*, Stockholm, Almqvist et Wiksell, p. 26 à 58.
5. Voir SIPRI, op. cit., p. 71 à 75.
6. Voir M. Wheelis, 1999, « Biological Warfare Before 1914 », dans E. Geissler et J. Ellis van Courtland Moon (sous la direction de), *Biological and Toxin Weapons: Research, Development and Use from the Middle Ages to 1945*, SIPRI Chemical & Biological Warfare Studies, n° 18, Oxford, Oxford University Press, p. 8 à 34.
7. M. Dando, 1999, « The Impact of the Development of Modern Biology and Medicine on the Evolution of Offensive Biological Warfare Programs in the Twentieth Century », *Defense Analysis*, vol. 15, n° 1, p. 43 à 69, citations p. 51.
8. Voir J. Tucker, 1999, « Biological Weapons in the Former Soviet Union: An Interview with Dr. Kenneth Alibek », *The Nonproliferation Review*, vol. 6, n° 3 (printemps-été), p. 1 à 10, citation p. 2.
9. Le texte de la Convention et les documents de la plupart des conférences d'examen publiés au cours des trente ans de la Convention sur les armes biologiques sont disponibles à l'adresse <[www.opbw.org](http://www.opbw.org)>.
10. Voir <[www.opcw.org](http://www.opcw.org)> pour le texte de la Convention sur les armes chimiques et d'autres informations utiles.
11. Voir <[www.industriepark-hoechst.com/standortfolder\\_englisch\\_.pdf](http://www.industriepark-hoechst.com/standortfolder_englisch_.pdf)>, consulté pour la dernière fois le 25 novembre 2003.
12. A. Kelle, 2003, « The CWC after its first review conference: is the glass half full or half empty? », *Disarmament Diplomacy*, n° 71 (juin/juillet), p. 31 à 40.
13. Voir P.E. Wax, C.E. Becker et S.C. Curry, 2003, « Unexpected "Gas" Casualties in Moscow: A Medical Toxicology Perspective », *Annals of Emergency Medicine*, vol. 41, n° 5 (mai), p. 700 à 705.
14. Voir le site web du Sunshine Project pour des informations sur les programmes américains d'armes non létales, à l'adresse <[www.sunshine-project.org](http://www.sunshine-project.org)>.
15. Voir SIPRI, op. cit., p.129.
16. Editorial, 2003, « 'Non-Lethal' Weapons, the CWC and the BWC », *The CBW Conventions Bulletin*, n° 61 (septembre), p. 2.
17. OIAC, *Note du Directeur général. Report of the Scientific Advisory Board on Developments in Science and Technology*, document RC-1/DG.2, La Haye, 23 avril 2003, p. 15.
18. *Document final de la première conférence d'examen*, document BWC/CONF.I/10, p.2, disponible en anglais à l'adresse<[www.opbw.org/rev\\_cons/1rc/docs/final\\_dec/1RC\\_Final\\_Doc.pdf](http://www.opbw.org/rev_cons/1rc/docs/final_dec/1RC_Final_Doc.pdf)>, consulté pour la dernière fois le 12 juillet 2004.
19. *Document final de la deuxième conférence d'examen*, document BWC/CONF.II/13/II, p. 3, disponible en anglais à l'adresse <[www.opbw.org/rev\\_cons/2rc/docs/final\\_dec/2RC\\_Final\\_Doc.pdf](http://www.opbw.org/rev_cons/2rc/docs/final_dec/2RC_Final_Doc.pdf)>, consulté pour la dernière fois le 12 juillet 2004.
20. *Document final de la quatrième conférence d'examen*, document BWC/CONF.IV/9, à l'adresse <[http://www.opbw.org/lang/4rc/final\\_dec/4RC\\_final\\_dec\\_F.pdf](http://www.opbw.org/lang/4rc/final_dec/4RC_final_dec_F.pdf)>, consulté pour la dernière fois le 12 juillet 2004.
21. Le rapport des États-Unis à la Conférence d'examen, ainsi que d'autres évaluations nationales, figurent dans le *Document d'information sur les progrès scientifiques et techniques récents qui ont un rapport avec la Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction*, document BWC/CONF.V/4, p. 14 à 26, citation en page 14, à l'adresse <[http://www.opbw.org/lang/5rc/french/BWC-CONF%5B1%5D.V-04%20\(F\).pdf](http://www.opbw.org/lang/5rc/french/BWC-CONF%5B1%5D.V-04%20(F).pdf)>.
22. Ibid., p. 2.
23. G. Vogt, 2002, « Multi-axis robots bring automation to life sciences », *Industrial Robot: An International Journal*, vol. 29, n° 1, p. 49 à 52.
24. J. Holland et T. Mitchel, 1999, « Chemists Harness IT to Organize Data and Optimize Leads », *R&D Magazine*, vol. 41, n° 10 (septembre), p. 23 et suivantes.
25. S.K. Sahoo et V. Labhasetwar, 2003, « Nanotech approaches to drug delivery and imaging », *Drug Discovery Today*, vol. 8, n° 24 (décembre), p. 1112 à 1120.
26. A. Wood et A. Scott, 2000, « Combinatorial Chemistry Picks Up Speed », *Chemical Week*, vol. 162, n° 30, 9 août 2000, p. 39 à 42 ; M. Wheelis, 2002, « Biotechnology and Biochemical Weapons », *The Nonproliferation Review*, vol. 9, n° 1, p. 48 à 53.
27. Voir M. Wheelis, 2002, op. cit.
28. L.J. Browne et al., 2002, « Chemogenomics. A Novel Information Tool for Drug Discovery », *Pharmaceutical Technology*, p. 84 et suivantes.

29. P.A. Whittaker, 2003, « What is the relevance of bioinformatics to pharmacology? », *Trends in Pharmacological Sciences*, vol. 24, n° 8 (août), p. 34 à 39.
30. S. Shohet et G. Wood, 2002, « Delivering biotherapeutics—technical opportunities and strategic trends », *Journal of Commercial Biotechnology*, vol. 9, n° 1, septembre, p. 59 à 66.
31. J. Haystead, 2003, « New Particle Engineering Technology Improves Drug Solubility », *Pharmaceutical Technology*, vol. 27, n° 1 (janvier), p. 18 et suivantes.
32. S.S. Davis, 1997, « Biomedical applications of nanotechnology—implications for drug targeting and gene therapy », *Trends in Biotechnology*, vol. 15, juin, p. 218.
33. Voir les articles de Kathryn Nixdorff et Malcolm Dando dans la présente publication.
34. Voir les résumés des trois cas dans National Research Council of the National Academies, Committee on Research Standards and Practices to Prevent the Destructive Application of Biotechnology, 2004, *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, Washington DC, The National Academies Press, p. 24 à 29.
35. *Ibid.*, p. 27.
36. *Ibid.*
37. *Ibid.*, p. 32.
38. *Ibid.*, p. 4 à 12.
39. « Statement on Scientific Publication and Security », publié dans National Research Council of the National Academies, 2004, *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, Washington DC, The National Academies Press, p. 98 et 99.
40. Voir le site web de NSABB, <[www.biosecurityboard.gov/](http://www.biosecurityboard.gov/)>.
41. États-Unis d'Amérique, Secretary of Health and Human Services, 2004, *Charter. National Science and Advisory Board for Biosecurity*, Washington DC, en date du 4 mars, à l'adresse <[www.biosecurityboard.gov/SIGNED%20NSABB%20Charter.pdf](http://www.biosecurityboard.gov/SIGNED%20NSABB%20Charter.pdf)>.
42. *Ibid.*, p. 2.



# L'utilisation des neurosciences à des fins malveillantes

Malcolm DANDO

Évoquant la possibilité que les avancées constantes des sciences de la vie soient utilisées à des fins hostiles, George Poste a suggéré que nous réfléchissions aux options autres que les virus et commençons à envisager le risque que le cerveau soit utilisé comme une bombe. Selon lui, « alors que nous commençons à comprendre les mécanismes moléculaires qui régissent la structure remarquable du corps humain [...], notre capacité à comprendre ces circuits signifie aussi que nous pouvons avoir les moyens de les brouiller »<sup>1</sup>.

Dans les milieux économiques, l'idée que les neurosciences connaîtront des avancées rapides au cours des prochaines décennies est très répandue<sup>2</sup> et il est bien connu que la possibilité de mettre au point, grâce à ces découvertes, de nouvelles armes « non létales » suscite un très vif intérêt auprès des militaires<sup>3</sup>.

De nombreux scientifiques et autres observateurs de la révolution des sciences de la vie peuvent toutefois penser que peu de choses ont changé depuis le milieu du xx<sup>e</sup> siècle, lorsque les premiers incapacitants (comme le dérivé du fentanyl<sup>4</sup>, récemment utilisé pour mettre un terme à la prise d'otages au théâtre de Moscou) furent mis au point grâce aux premières découvertes de moyens chimiques pour aider les personnes atteintes de troubles psychiques. Poste n'est de toute évidence pas de cet avis. Il pense que la connaissance des circuits du cerveau nous permet de les brouiller et partant d'« envisager [...] une gamme complète d'activités allant d'une immobilisation transitoire [...] à des effets catastrophiques, aigus ou chroniques »<sup>5</sup>.

Dans cet article, nous entendons illustrer ce point en évoquant deux exemples précis de cette connaissance croissante que nous avons du cerveau. Les exemples sont nombreux ; il convient de comprendre que les deux que nous allons citer servent simplement à illustrer le problème général de l'ampleur grandissante des sciences et de la technologie à double usage. Nous devons toutefois rappeler brièvement les connaissances de base du système nerveux.

## *Structure et fonctionnement du système nerveux*

Le lien entre le cerveau et le comportement a été mis en évidence au cours des siècles derniers, et il ne fut établi qu'à la fin du xix<sup>e</sup> siècle que le système nerveux se compose de milliards de cellules nerveuses ou neurones. Nous savons aujourd'hui qu'au cours de l'évolution, des réseaux

---

Malcolm Dando est professeur pour les questions de sécurité internationale au Département d'études sur la paix à l'Université de Bradford (Royaume-Uni). Il est l'auteur du rapport de 2003 de la British Medical Association, *Biotechnology, Weapons and Humanity II*.

complexes de neurones se sont développés pour effectuer certains comportements. Les neurones des systèmes nerveux central, périphérique et autonome varient considérablement de par leurs formes et leurs fonctions. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories : *les neurones sensoriels*, qui transmettent l'information au système nerveux central ; *les neurones effecteurs*, qui acheminent l'information du système nerveux central vers les muscles et les autres organes effecteurs ; et les *interneurones* au sein du système nerveux central, qui lient les neurones sensoriels et les neurones effecteurs et qui sont également liés entre eux.

Les informations sont acheminées *dans* les neurones, par des moyens électriques, et génèrent des influx nerveux qui peuvent être enregistrés et visualisés sur un oscilloscope. Au xx<sup>e</sup> siècle, il fut démontré que les informations sont échangées *entre* les neurones essentiellement par des moyens chimiques. Lorsqu'un influx nerveux (ou potentiel d'action) se déplace dans le prolongement d'un neurone (axone) et arrive à la jonction entre deux neurones, il libère un neurotransmetteur chimique de la cellule présynaptique. Ce neurotransmetteur affecte les propriétés électriques du neurone post-synaptique par son interaction avec les protéines réceptrices incrustées dans la membrane de la cellule post-synaptique. Il a été prouvé qu'il existe toutes sortes de neurotransmetteurs qui, selon le type des récepteurs, peuvent provoquer un changement électrique qui accroît ou réduit la possibilité qu'un potentiel d'action intervienne dans la cellule post-synaptique. Différents mécanismes chimiques permettent de s'assurer que le neurotransmetteur disparaît de la zone synaptique, pour que son effet ne persiste pas et qu'un autre potentiel d'action du neurone pré-synaptique puisse s'effectuer.

Tout cela constitue la base des connaissances modernes de la façon dont le cerveau – et partant le comportement – peut être manipulé par des moyens chimiques. Il est bien évident que plus nous connaissons les circuits neuronaux qui sous-tendent différents comportements et mieux nous comprenons le fonctionnement des neurotransmetteurs et des récepteurs dans ces circuits, plus nous avons de chances d'aider les personnes qui souffrent de dysfonctionnements du système nerveux (maladies mentales). Il faut pourtant reconnaître que ces connaissances peuvent être utilisées par des personnes aux intentions malveillantes.

### **État de stress post-traumatique**

Selon l'ouvrage classique intitulé *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, vous souffrez d'un état de stress post-traumatique si :

Vous avez été exposé à un événement terriblement traumatique face auquel vous avez eu extrêmement peur, ou vous êtes senti terriblement impuissant ou terrifié.

Vous n'arrêtez pas de revivre cette expérience sous différentes formes, par des souvenirs ou des cauchemars qui vous bouleversent ; vous avez l'impression de revivre cet événement ; ou vous avez une réaction douloureuse lorsque vous êtes confronté à quelque chose qui vous le rappelle.

Vous évitez tout ce qui est associé à cet événement traumatisant ; vous ne pouvez vous rappeler les détails de ce qui est arrivé ; vous vous sentez détaché de la réalité ; ou vous avez l'impression que vous ne pourrez plus jamais avoir une vie normale.

Vous êtes nerveux et hypervigilant, vous souffrez de troubles du sommeil, vous avez des accès de colère et avez du mal à vous concentrer.

Ces symptômes durent au moins un mois et entraînent de grandes difficultés ou un mal-être à l'école, au travail ou avec les autres<sup>6</sup>.

Les êtres humains sont dotés de mécanismes évolués qui leur permettent de ne pas oublier les événements dangereux ; cette capacité présente un intérêt évident pour chacun, à savoir éviter que de tels événements ne se reproduisent et permettre à chacun de prendre soin de soi. Nous parlons de stress post-traumatique, lorsque ces mécanismes ne fonctionnent plus, ce qui provoque un très grand malaise chez les personnes concernées. Nous avons toutes les raisons de chercher à comprendre ce qui déclenche ce phénomène et de chercher de meilleurs moyens de le résoudre.

Il n'est pas trop difficile de comprendre que l'état de stress post-traumatique implique au moins deux composants : l'apprentissage et la mémorisation. Ces concepts peuvent être définis ainsi : l'*apprentissage* est l'acquisition de modifications du comportement pouvant être reproduites à la suite d'expériences particulières, alors que la *mémorisation* est l'acquisition du comportement modifié au fil du temps. Ce qui nous intéresse ici c'est l'apprentissage face à des événements aversifs et le renforcement (ou consolidation) de leurs souvenirs. Le système qui permet de faire face aux événements terribles est présent chez tous les mammifères ; si nous entendons une forte explosion, nous serons tout d'abord effrayés et nous immobiliserons momentanément avant que ne s'impose la réponse de fuite ou de lutte<sup>7</sup>. Comme l'explique Joseph LeDoux, l'un des principaux spécialistes des réactions de peur :

Une situation de danger éveille toute une série de réactions physiologiques. Le sang est envoyé dans les parties de l'organisme qui en ont le plus besoin (les muscles). Cela entraîne une modification de la tension artérielle et du rythme cardiaque. En outre, l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien est activé et libère des hormones de stress. En général, l'organisme est préparé pour réagir rapidement. De plus, le cerveau libère des peptides opiacés naturels, des substances similaires à la morphine qui bloquent la sensation de douleur [...]<sup>8</sup>.

L'étude du mécanisme de peur chez d'autres mammifères, comme le rat, permet de mieux comprendre celui de l'homme.

Il est relativement facile d'étudier les effets de la peur chez le rat grâce au principe classique de conditionnement à la peur. Un rat est régulièrement exposé à un son (qu'il ne craint pas), suivi d'une légère décharge électrique (qui suscite une réaction de peur). Il apprend vite à anticiper la décharge lorsqu'il entend le son. Les chercheurs comme LeDoux savaient que le son capté par l'oreille est traité par le mésencéphale auditif, puis par le thalamus auditif et enfin par le cortex auditif (le niveau d'analyse le plus élevé pour ce type d'information).

Étonnamment, il a été constaté que si des lésions étaient opérées sur le cortex auditif des rats, ils continuaient d'associer la décharge électrique au son entendu et réagissaient avec peur en entendant le son. Le cortex auditif n'intervient de toute évidence pas dans cette réaction. D'autres études ont montré que des lésions au niveau sous-cortical (que ce soit dans le mésencéphale auditif ou dans le thalamus auditif) permettaient d'éliminer ce conditionnement à la peur. L'information était de toute évidence traitée au-delà du thalamus, mais pas dans le cortex auditif, et provoquait une réaction de peur. Ce traitement intervient, en fait, au niveau de l'amygdale du cerveau, ce qui n'est pas vraiment étonnant puisque nous savons depuis des années que l'amygdale joue un rôle important dans les réactions émotionnelles. LeDoux poursuit son explication de la manière suivante :

La voie thalamo-amygdalienne (route courte) est rapide et grossière. Comme elle n'implique par le cortex, nous réagissons d'abord et réfléchissons ensuite. ... Nous nous immobilisons, ce qui nous laisse quelques secondes pour décider quoi faire : Courir ? Nous immobiliser ? Essayer de lutter ?

Une personne qui se trouve dans une forêt et aperçoit ce qui pourrait être un serpent a tout intérêt à réagir immédiatement comme s'il s'agissait bien d'un serpent. Il n'empêche que « le cortex,

autrement dit la voie longue, traite également le stimulus, mais cela prend un peu plus de temps ». Alors que l'amygdale se prépare à l'action, le cortex traite simultanément l'information, et s'il considère que ce qui est vu est bien un bâton et non un serpent, il peut annuler la réaction d'urgence pour éviter des efforts inutiles.

L'amygdale est donc impliquée dans le processus d'apprentissage. Précisons toutefois que :

L'idée que l'amygdale influence les effets de l'excitation émotionnelle sur la mémoire suscite un large consensus. Il ressort des conclusions de nombreuses études que l'amygdale influence la consolidation des souvenirs explicites à long terme, pour les expériences émotionnellement fortes, en agissant sur les autres régions du cerveau impliquées dans la consolidation de la mémoire<sup>9</sup>.

Ce deuxième processus de la consolidation de la mémoire est certainement le plus intéressant pour l'état de stress post-traumatique.

Différents éléments prouvent que l'amygdale n'est pas le lieu de la mémoire à long terme. Par exemple, « [les] lésions de l'amygdale [...] provoquées entre une semaine et un mois après le conditionnement de peur n'empêchent pas cette réaction d'évitement »<sup>10</sup>. Il se produit donc quelque chose de plus complexe qu'un fonctionnement isolé de l'amygdale. En fait, le système est très complexe et il est loin d'être totalement compris. Les connaissances sont telles que nous pouvons penser que les biologistes le déchiffreront assez rapidement.

Dans les situations de stress, il est bien connu que l'hypothalamus (le lien central entre le système nerveux et le système hormonal de l'organisme) provoque, par un processus complexe, la sécrétion de glucocorticoïdes (stéroïdes). Au même moment, le système nerveux sympathique active la sécrétion d'adrénaline. Ces deux agents, les glucocorticoïdes et l'adrénaline, ont des effets considérables sur l'organisme, mais influencent aussi les fonctions de l'amygdale. De nombreux éléments prouvent que l'adrénaline, bien qu'elle ne puisse franchir la barrière hémato-encéphalique qui entoure le cerveau, exerce un effet indirect qui conduit à la production accrue d'un neurotransmetteur (norépinéphrine) dans l'amygdale<sup>11</sup>.

La norépinéphrine n'agit pas seule à ce niveau. Les glucocorticoïdes libérés jouent aussi un rôle dans la consolidation des souvenirs d'événements stressants. Les glucocorticoïdes peuvent franchir la barrière hémato-encéphalique et ont de multiples effets. Pour avoir des effets sur la consolidation de la mémoire, les glucocorticoïdes doivent agir sur l'amygdale. L'injection d'agonistes de glucocorticoïdes (des substances qui ont le même effet) dans l'amygdale après le conditionnement favorise la mémorisation alors que l'injection d'antagonistes (des substances qui ont un effet bloquant) la compromet. Nous pouvons, une fois de plus, conclure que c'est dans l'amygdale que les glucocorticoïdes agissent sur la consolidation de la mémoire<sup>12</sup>.

Les circuits impliqués dans la réaction de stress sont très complexes<sup>13</sup>, mais il semble clair que l'amygdale intervient dans un circuit pour que l'organisme se prépare à réagir face à des signes de danger. En raison des signaux envoyés par l'organisme, la norépinéphrine et les glucocorticoïdes activent des cellules dans l'amygdale ; les signaux émis par les cellules activées jouent un rôle considérable sur la consolidation de la mémoire par d'autres régions du cerveau. La consolidation au niveau de l'amygdale peut être interrompue par des antagonistes chimiques qui perturbent les processus de l'amygdale.

Quel est le rapport entre tout cela et le traitement des personnes qui souffrent de stress post-traumatique ? Des études ont montré que des recherches réalisées sur des êtres humains, sans intervention technique aussi poussée, produisent des résultats similaires à celles réalisées sur des animaux<sup>14</sup>. La neuro-imagerie montre aussi que l'amygdale est activée de manière sélective lorsque

des stimuli émotionnels négatifs sont traités et dans le conditionnement de peur. Ces éléments, et de nombreux autres, tendent à prouver que l'amygdale joue un rôle analogue chez les êtres humains et chez les animaux dans les situations effrayantes.

Si les événements sont bien plus complexes que chez les animaux, la neurotransmission de norépinéphrine est aussi cruciale chez les humains car des événements très traumatisants risquent d'entraîner une surproduction du transmetteur et partant une consolidation excessive de la mémoire de ces événements. Lorsque la mémoire traumatique conduit une personne à revivre – par des cauchemars ou des flash-back – certains événements, un système risque de s'enclencher et d'accroître la consolidation de la mémoire puisque l'organisme réagit, encore et encore, à la situation de stress.

La possibilité d'un lien direct entre la norépinéphrine et les souvenirs d'événements émotionnels a été étudiée sur des êtres humains. Une heure avant de voir une série de scènes neutres ou émotionnellement stressantes, des sujets sains ont reçu un placebo ou du propranolol (qui franchit la barrière hémato-encéphalique et empêche l'action de la norépinéphrine). Une semaine plus tard, les personnes qui avaient reçu le placebo se souvenaient nettement mieux des scènes émotionnellement fortes, alors que celles qui avaient reçu du propranolol ne se les rappelaient pas mieux que les scènes neutres<sup>15</sup>.

Ces résultats ont, bien évidemment, conduit à des initiatives pour empêcher certaines personnes de se retrouver dans un état de stress post-traumatique ; des personnes victimes d'accidents de voiture ont ainsi reçu du propranolol peu après l'événement traumatisant. Certains observateurs craignent toutefois que ce traitement ne soit utilisé pour permettre à des personnes d'accomplir des actes terribles et de n'en conserver aucun souvenir. Léon Kass, président du Conseil de bioéthique du Président des États-Unis d'Amérique aurait dit : « c'est la pilule du lendemain pour tout ce qui provoque regret, douleur ou remords »<sup>16</sup>.

Un coordinateur de Vietnam Veterans Against the War est du même avis et affirme que ce traitement permettrait à « des hommes et des femmes de faire n'importe quoi et de penser qu'ils pourront s'en tirer comme ça ». Il existe une autre possibilité : les personnes ayant des intentions malveillantes pourraient trouver le moyen, avec un agent chimique, d'accroître l'état de stress post-traumatique et non pas de l'empêcher. L'on imagine aisément à quel point il serait dangereux pour une organisation, qu'elle soit civile ou militaire, qu'une grande partie de ses membres soit très sensible au risque de stress post-traumatique, y compris face à des facteurs de stress relativement mineurs.

***Il serait dangereux pour une organisation, qu'elle soit civile ou militaire, qu'une grande partie de ses membres soit très sensible au risque de stress post-traumatique.***

## ***Narcolepsie***

Nous avons évoqué différents points de la neurobiologie de la peur et de la cognition. Ces fonctions reposent sur toute une série de fonctions homéostatiques automatiques qui maintiennent l'organisme dans un état normal. Aucun animal ne pourrait agir sans une régulation efficace de sa température ou de sa tension artérielle, pour ne citer que deux exemples. Les fonctions de ce type sont généralement régulées par des centres situés dans les parties inférieures du cerveau, près de la jonction avec la moelle épinière. Nous allons maintenant nous intéresser à un système régulateur, le sommeil, et plus particulièrement à l'un de ses dysfonctionnements, la *narcolepsie*. Avant d'évoquer la narcolepsie et de voir comment son étude favorisera certainement des découvertes qui permettront de soulager les personnes qui en souffrent, mais ouvrira aussi des possibilités d'utilisation à des fins malveillantes, il convient de rappeler brièvement les connaissances actuelles sur l'horloge interne.

Nombre de nos fonctions physiologiques essentielles suivent un rythme circadien (de 24 heures). Toutes les nuits, nous dormons environ 8 heures ; d'autres fonctions – par exemple, la température de notre organisme et la production d'hormones hypophysaires – utilisent le même rythme. Si les signaux sensoriels – et plus particulièrement la lumière – disparaissent, alors notre cycle sommeil-veille passe de 24 à environ 30 heures. Si les signaux sensoriels influencent le rythme circadien, les récentes expériences ont démontré que le rythme basique est réglé sur une horloge interne située dans un groupe de neurones (noyau suprachiasmatique) de la partie frontale de l'hypothalamus. Les signaux de cette horloge interne sont envoyés, par des circuits complexes, vers d'autres régions du cerveau pour réguler les différents cycles circadiens. La lumière perçue directement par la rétine permet de synchroniser les signaux émis par le noyau suprachiasmatique sur un cycle de 24 heures<sup>17</sup>. Ce qui est particulièrement important c'est non seulement d'avoir découvert la base génétique du caractère cyclique des signaux émis par le noyau suprachiasmatique (avec une émission maximale de neurones durant le jour), mais que nous comprenons de mieux en mieux comment ces signaux passent d'une cellule unique, au noyau suprachiasmatique, puis au cerveau pour se répercuter dans le comportement de l'organisme<sup>18</sup>. Du point de vue des neurobiologistes, il est également essentiel que le rôle des neurotransmetteurs dans les circuits régissant les différentes fonctions physiologiques soit mieux compris<sup>19</sup>.

Le sommeil n'est, bien évidemment, pas une simple phase de repos, opposée à celle de veille. Au cours de la deuxième moitié du siècle dernier, des enregistrements de l'activité électrique du cerveau, réalisés avec des électrodes placées sur le cuir chevelu de volontaires, ont permis de nombreuses découvertes sur le sommeil. Lorsque nous sommes éveillés, les électroencéphalogrammes (EEG) sont de faible amplitude et leur fréquence est élevée. Lorsque nous dormons, nous traversons quatre étapes dans la phase lente du sommeil au cours desquelles les tracés des EEG ont une forte amplitude et une faible fréquence. Les personnes qui sont réveillées au cours du sommeil lent sont désorientées, ont du mal à penser clairement et se rendorment facilement. Au bout de 90 minutes, un sommeil très différent intervient. Il s'agit du sommeil à mouvements oculaires rapides, ou sommeil paradoxal ; le tracé d'un EEG réalisé pendant ce sommeil ressemble à celui de l'état de veille. Lors de cette phase de sommeil, les personnes rêvent et le tonus musculaire est inhibé, à l'exception des muscles de l'orbite qui produisent des mouvements oculaires rapides<sup>20</sup>. Ces mécanismes sont en train d'être élucidés, même si nous ne pouvons pas encore expliquer *pourquoi* nous dormons.

En dépit de tous les efforts réalisés pour trouver des remèdes, de nombreuses personnes souffrent de troubles du sommeil tels que l'insomnie, l'apnée obstructive du sommeil ou la narcolepsie ; nous avons tout lieu de penser que d'autres études chercheront à comprendre les mécanismes neuronaux impliqués<sup>21</sup>. Les quatre caractéristiques principales de la narcolepsie sont les suivantes :

[...]hypersomnie, catalepsie (suspension soudaine du mouvement des muscles suite à une vive émotion, comme le rire ou la colère), hallucinations hypnagogiques (qui se produisent en début de sommeil) et la paralysie du sommeil (incapacité de bouger au moment de l'endormissement ou du réveil) [...]<sup>22</sup>.

Chez les personnes narcoleptiques, la durée totale du sommeil et celle du sommeil paradoxal sont à peu près identiques à celles des personnes qui ne souffrent pas de narcolepsie ; le mécanisme de contrôle est, en fait, gravement perturbé par deux problèmes principaux : « premièrement, une incapacité à maintenir sa vigilance et, deuxièmement, l'intrusion du sommeil paradoxal dans les phases d'éveil ou au début du sommeil, ce qui provoque hallucinations, paralysie du sommeil et parfois catalepsie ».

Si cette maladie est assez répandue, nous ne savons pas grand-chose de ses causes, il y a encore peu. Il avait été constaté que certaines lignées de chiens présentaient des symptômes très

similaires à ceux de la narcolepsie humaine, ce qui laissait entrevoir une base génétique de la maladie. Comme il existait aussi des liens étroits avec certains aspects du système immunitaire, la possibilité qu'il s'agisse d'une maladie auto-immune était sérieusement envisagée ; cette maladie pourrait, le cas échéant, être liée à l'environnement.

Ce domaine de recherche a connu une révolution, au début du <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle, suite à la découverte de deux transmetteurs produits par les cellules de l'hypothalamus. Ces deux transmetteurs, appelés hypocrélines (Hcrt-1 et Hcrt-2), sont essentiels pour comprendre la narcolepsie ainsi qu'une bonne partie du mécanisme normal du sommeil. Dans les cas de narcolepsie canine, des mutations génétiques apparaissent au niveau de ce système ; les souris dont le gène de ces transmetteurs est supprimé, présentent des symptômes de narcolepsie ; et il a été constaté que la majorité des êtres humains atteints de narcolepsie et présentant les mêmes caractéristiques du système immunitaire n'ont pas d'hypocrétines dans le cerveau.

Les hypocrélines et les récepteurs qui leur sont associés furent découverts en 1998<sup>23</sup>. Depuis ces découvertes, les avancées sur la nature de la narcolepsie ont été phénoménales. Les hypocrélines présentes chez l'homme (Hcrt-1 et Hcrt-2) sont très similaires à celles qui existent chez d'autres mammifères. Ces transmetteurs ont été préservés au fil de l'évolution, ce qui laisse à penser qu'ils jouent un rôle important. Dans toutes les expériences tentées jusqu'à présent, les hypocrélines ont eu une action excitatrice sur les cellules post-synaptiques. Par exemple, les neurones noradrénergiques du cerveau, qui sont des composants importants des systèmes de vigilance et d'éveil, sont pleins de récepteurs d'hypocrétines.

La narcolepsie touche entre 20 et 60 personnes sur 100 000 dans les populations des pays occidentaux. Ce taux est à peu près le même que pour la maladie de Parkinson ou la sclérose en plaques, mais contrairement à ces maladies, la narcolepsie apparaît généralement chez des personnes de moins de 30 ans ou à l'adolescence ; cette maladie est très débilitante à une période décisive du développement et le reste pendant de longues années. Aujourd'hui, la plupart des patients ont besoin de stimulants ou de modafinil, pour lutter contre leur hypersomnie<sup>24</sup>. D'autres symptômes doivent être traités avec d'autres médicaments qui ont tous des effets secondaires. La nécessité de trouver de meilleurs traitements est évidente et la recherche va se poursuivre afin d'y parvenir.

Les travaux sur des chiens narcoleptiques laissent à penser qu'un neurotransmetteur comme la norépinéphrine est impliqué. Les cellules qui produisent ce neurotransmetteur sont très actives lors des phases d'éveil. En phase de sommeil normal, au moment de la synchronisation de l'EEG, l'activité de la norépinéphrine et d'autres transmetteurs diminue. Pendant le sommeil paradoxal, l'activité de la norépinéphrine est faible. Les substances qui affectent le sommeil paradoxal peuvent avoir des effets profonds, tout comme les agents naturels que sont les hypocrélines qui influencent fortement les neurones noradrénergiques et qui ont une action excitatrice. Chez les êtres humains qui souffrent de narcolepsie, les taux d'hypocrétines dans le cerveau sont faibles, voire nuls ; aucune action excitatrice ne s'exerce donc sur les neurones noradrénergiques. Ces derniers sont donc nettement moins actifs, ce qui explique certainement nombre des symptômes comme l'hypersomnie. Chez le rat, une application directe de Hcrt-1 sur les cellules des neurones noradrénergiques entraîne une augmentation de l'état de veille et une diminution du sommeil<sup>25</sup>.

Dans certaines lignées de chiens, la narcolepsie est due à une mutation génique. Chez l'être humain, la narcolepsie peut s'expliquer, dans certains cas, par une prédisposition génétique, mais elle est, dans la plupart des cas, d'origine auto-immune – probablement déclenchée par un facteur de l'environnement. Si cette explication s'avère correcte et vu les découvertes sur les mécanismes du sommeil normal et les mécanismes anormaux de la narcolepsie, il n'est pas impossible que des moyens susceptibles de déclencher la narcolepsie soient découverts. Ce bouleversement du fonctionnement normal serait, bien évidemment, très débilitant pour le groupe ou la personne touchés.

Il convient de préciser, pour ceux qui trouveraient cette idée exagérée, que le Provigil (ou modafinil), qui est utilisé pour aider les personnes qui souffrent de narcolepsie à rester éveillées la journée, est aujourd'hui utilisé par certaines forces armées pour prolonger la vigilance des troupes en service actif<sup>26</sup>. Les connaissances sur la narcolepsie ont déjà conduit à des modifications de comportement délibérées.

## Conclusion

Rappelons que ce ne sont que deux exemples parmi d'autres de notre connaissance croissante de la base moléculaire du comportement humain et que les exemples sont nombreux. La rapidité avec laquelle les causes de la narcolepsie ont été découvertes est étonnante et doit nous rappeler que de nouvelles connaissances peuvent apparaître très rapidement. Les travaux réalisés sur l'état de stress post-traumatique et sur la narcolepsie montrent à quel point ces nouvelles connaissances sont à double sens et pourraient être utilisées à des fins malveillantes si les interdictions définies par le Protocole de Genève de 1925, la Convention sur les armes biologiques ou à toxines et la Convention sur les armes chimiques ne sont pas respectées au cours des prochaines décennies. Pour défendre cet objectif, les neuroscientifiques – ainsi que tous ceux qui sont impliqués dans les sciences de la vie – doivent considérer comme crucial pour leurs travaux, le respect de cette norme contre l'utilisation à des fins hostiles de la science et de la technologie. Les rencontres qui auront lieu en 2005 autour de la Convention sur les armes biologiques ou à toxines s'agissant de la question de codes de conduite pour les scientifiques sont donc de la plus haute importance.

## Notes

1. G. Poste, 2002, *Advances in biotechnology: promise or peril*, à l'adresse <[www.upmc-biosecurity.org/pages/events/2nd\\_symposia/transcripts/trans\\_post.html](http://www.upmc-biosecurity.org/pages/events/2nd_symposia/transcripts/trans_post.html)>.
2. I. Hacking, 2004, « Big ideas—the race against time: Neuroscience », *New Statesman*, numéro spécial, 26 juillet, à l'adresse <<http://www.newstatesman.com/site.php3?>>>.
3. M. Dando, 2002, « Les réalisations scientifiques et techniques et l'avenir de la Convention sur les armes chimiques : le problème des armes non létales », *Forum du désarmement (Institut des Nations Unies pour la recherche sur le désarmement)*, n° 4, p. 33 à 45.
4. M. Wheelis, 2003, « "Nonlethal" chemical weapons: a Faustian bargain », *Issues in Science and Society*, printemps, p. 74 à 78.
5. G. Poste, op. cit.
6. Cité de la 4<sup>e</sup> édition de 1994 (DSM-IV) dans A. Frances et M.B. First, 1998, *Your Mental Health: A Layman's Guide to the Psychiatrists' Bible*, Scribner, New York, p. 109 à 116 (chapitre 5, « Exposure to Traumatic Events »).
7. J. LeDoux, 1999, « The power of emotions », dans R. Conlan (sous la direction de), *States of Mind: New Discoveries About How Our Brains Make Us Who We Are*, John Wiley and Sons, New York, p. 123 à 150.
8. Ibid.
9. J.L. McGaugh et al., 2002, « Amygdala modulation of memory consolidation: Interaction with other brain systems », *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 78, n° 3, p. 539 à 552.
10. B. Ferry et J.L. McGaugh, 2000, « Role of amygdala norepinephrine in mediating stress hormone regulation of memory storage », *Acta Pharmacologica Sinica*, vol. 21, n° 6, p. 481 à 493.
11. J.L. McGaugh et B. Roozendaal, 2002, « Role of adrenal stress hormones in forming lasting memories in the brain », *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 12, n° 2, p. 205 à 210 ; McGaugh et Roozendaal, *ibid.*
12. B. Ferry et al, 1999, « Basolateral amygdala noradrenergic influences on memory storage are mediated by an interaction between b- and a<sub>1</sub>-adrenoceptors », *Journal of Neuroscience*, vol. 19, n° 12, p. 5119 à 5123 ; B. Roozendaal, 2000, « Glucocorticoids and the regulation of memory consolidation », *Psychoneuroendocrinology*, vol. 25, n° 3, p. 213 à 238.

13. E. Vermetten et J.D. Bremner, 2002, « Circuits and systems in stress: I. Preclinical Studies », *Depression and Anxiety*, vol. 15, n° 3, p. 126 à 147.
14. R. Grossman et al, 2002, « Neuroimaging studies on post-traumatic stress disorder », *Psychiatric Clinics of North America*, vol. 25, p. 317 à 340.
15. S.M. Southwick et al, 1999, « Role of norepinephrine in the pathophysiology and treatment of post-traumatic stress disorder », *Biological Psychiatry*, vol. 46, n° 9, p. 1192 à 1204.
16. E. Baard, 2003, « The guilt-free soldier: New science raises the spectre of a world without regret », *The Village Voice*, 22-28 janvier.
17. A. Longstaff, 2000, *Instant Notes: Neuroscience*, BIOS Scientific Publishers, Oxford, section 3, « Brain Biological Clocks ».
18. H. Okamura, 2003, « Integration of mammalian circadian clock signals: from molecule to behaviour », *Journal of Endocrinology*, vol. 177, part 1, p. 3 à 6.
19. H.D. Piggins et D.J. Cutler, 2003, « The roles of vasoactive intestinal polypeptide in the mammalian circadian clock », *Journal of Endocrinology*, vol. 177, part 1, p. 7 à 15.
20. A. Longstaff, op cit., section 4, « Sleep ».
21. W. McDowell Anderson, 2002, « Top Ten list in sleep », *Chest*, vol. 122, n° 4, p. 1457 à 1460.
22. S. Taheri et al, 2002, « The role of hypocretins (orexins) in sleep regulation and narcolepsy », *Annual Review of Neuroscience*, vol. 25, p. 283 à 313.
23. L. de Lecea et al., 1998, « The hypocretins: hypothalamus-specific peptides with neuroexcitatory activity », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 95, n° 1, p. 322 à 327 ; T. Sakurai et al., 1998, « Orexins and orexin receptors: a family of hypothalamic neuropeptides and G protein-coupled receptors that regulate feeding behaviour », *Cell*, vol. 92, n° 5, p. 573 à 585.
24. Taheri et al, op. cit.
25. P. Bourgin et al., 2000, « Hypocretin-1 modulates rapid eye movement sleep through activation of locus coeruleus neurons », *Journal of Neuroscience*, vol. 20, n° 20, p. 7760 à 7767.
26. I. Sample, 2004, « Wide awake », *The Guardian*, 29 juillet, à l'adresse <<http://www.guardian.co.uk/print/0,3858,4980696-111414,00.html>>.



## À l'attaque du système immunitaire

Kathryn NIXDORFF

Le système immunitaire joue un rôle décisif face aux maladies infectieuses et la capacité d'un micro-organisme à déclencher une maladie ne peut être définie que dans le cadre de son interaction avec le système immunitaire. Pour être un pathogène actif, un micro-organisme doit avoir des stratégies qui lui permettent d'échapper aux mécanismes de défense immunitaire. Les réponses immunitaires sont régulées, dans une large mesure, par la production de *cytokines*, des biorégulateurs qui exercent une action positive ou négative selon la quantité produite. Le système immunitaire est donc très vulnérable aux stratégies malveillantes de contournement des mécanismes immunitaires et d'utilisation de biorégulateurs.

En ces temps d'avancées biomédicales et biotechnologiques, des manipulations de micro-organismes sont désormais possibles pour en modifier radicalement les propriétés. Des expériences de manipulations de micro-organismes sont tentées tous les jours à des fins essentiellement pacifiques, s'agissant notamment d'élucider les mécanismes pathogènes d'agents infectieux, ce qui pourrait déboucher sur la mise au point de meilleures mesures prophylactiques et thérapeutiques pour lutter plus efficacement contre les infections.

Il est toutefois évident que ces expériences pourraient conduire à la création de micro-organismes particulièrement dangereux, capables d'esquiver les réponses immunitaires avec des conséquences dévastatrices. Un excellent exemple fut la création accidentelle d'un virus mousepox mortel par des chercheurs qui tentaient de mettre au point un vaccin contraceptif pour maîtriser la population des rongeurs en Australie<sup>1</sup>.

Outre les micro-organismes qui attaquent le système immunitaire, certains *agents biochimiques* (des substances produites par des organismes vivants qui agissent sur les systèmes biologiques, mais sont de nature chimique) sont particulièrement préoccupants. C'est pourquoi l'on ne s'inquiète plus tant de la perspective que des micro-organismes soient utilisés à des fins malveillantes *pour provoquer des maladies infectieuses* que de la possibilité d'utiliser des agents biochimiques *pour perturber le fonctionnement des systèmes biologiques*. Il est évident qu'avec l'expansion rapide des activités de recherche dans les domaines de la biologie moléculaire et de la biotechnologie, les avancées progressent à un rythme exponentiel, tout comme les possibilités d'utilisations à des fins malveillantes.

---

Kathryn Nixdorff est professeur au Département de microbiologie et de génétique à la Darmstadt University of Technology, en Allemagne. Elle est aussi l'un des membres fondateurs du groupe de recherche interdisciplinaire de l'Université qui s'intéresse aux questions liées à la science, la technologie et la sécurité. Une version plus détaillée de cette étude, réalisée dans le cadre d'un projet financé par la Deutsche Stiftung Friedensforschung, figurera dans un ouvrage à paraître. Des extraits sont tirés d'un article intitulé « Technology and Biological Weapons: Future Threats », commandé par Controlling Dangerous Pathogens Project, Center for International Security Studies, School of Public Affairs, University of Maryland, disponible à l'adresse <[www.brad.ac.uk/acad/sbtwc](http://www.brad.ac.uk/acad/sbtwc)>.

Pour bien comprendre le problème des risques d'utilisation mixtes et les possibilités d'utilisations malintentionnées dans ce domaine, il convient de rappeler brièvement les aspects scientifiques et technologiques des activités de recherche, et notamment quelques points sur les systèmes immunitaires naturel et acquis. Pour être efficace, un pathogène doit être capable d'échapper aux mécanismes de défense immunitaire. Nous présenterons donc plusieurs de ces mécanismes avant de faire le point sur la vulnérabilité du système immunitaire face aux risques de modulation avec des biorégulateurs et des vecteurs d'introduction, de manipulation après l'immunisation, et d'attaque contre le système immunitaire et le système neuroendocrinien.

### ***Structure et fonctionnement du système immunitaire***

La particularité du système immunitaire est sa capacité à réagir lorsque l'organisme est envahi par des micro-organismes ou des composants toxiques afin de se protéger contre les effets nuisibles qui pourraient intervenir. Les réactions du système immunitaire peuvent être non spécifiques (avec le système immunitaire naturel) ou spécifiques (avec le système immunitaire acquis) (voir Tableau 1). Ces deux systèmes réagissent différemment face aux *antigènes* (composants chimiques des micro-organismes, essentiellement des protéines et des polysaccharides), qui sont des substances capables d'esquiver une réponse immunitaire si elles sont étrangères à l'hôte. De nombreux antigènes ne sont pas en soi dangereux, à l'exception bien évidemment des toxines. Les micro-organismes sont constitués d'une mosaïque de différents antigènes.

Les antigènes laissent le système immunitaire détecter quel micro-organisme est présent, car il existe des antigènes très précis pour les différents micro-organismes. Le système immunitaire réagit à ces antigènes avec des mécanismes de défense conçus pour éliminer les micro-organismes. Les micro-organismes non pathogènes sont éliminés facilement, mais le système immunitaire doit combattre ces pathogènes et, par conséquent, engager une réponse dirigée contre ces micro-organismes.

#### SYSTÈME IMMUNITAIRE NATUREL

Le système immunitaire naturel est une ligne de défense essentielle contre les pathogènes ; il est absolument indispensable pour mettre en échec une infection avant que l'immunité acquise ne puisse intervenir. Si l'immunité naturelle fait l'objet d'une attaque malveillante, la bataille contre les infections est perdue d'avance.

Le système immunitaire naturel comprend des éléments qui sont prêts à réagir avant même d'être confrontés à un antigène. Il s'agit de composants cellulaires et moléculaires moins spécifiques que ceux du système acquis. Ils ne visent pas des antigènes particuliers, mais réagissent face aux substances antigéniques de micro-organismes appelées motifs moléculaires associés à des pathogènes. Faisons l'analogie avec les automobiles d'une marque bien précise. Toutes les voitures Volkswagen portent le logo caractéristique VW. Le motif moléculaire associé à un pathogène (PAMP) est comme ce logo présent sur tous les modèles Volkswagen. Tout véhicule comportant ce logo sera reconnu comme ayant été fabriqué par Volkswagen. Ce logo ne donne toutefois aucune indication sur le type de modèle du véhicule. Le système immunitaire naturel fonctionne de façon très similaire : il reconnaît de nombreux micro-organismes avec un PAMP particulier comme appartenant à une catégorie précise de micro-organismes, mais ne peut identifier ce micro-organisme. Le système

**Tableau 1 – Caractéristiques de l'immunité naturelle et de l'immunité acquise**

Éléments	Immunité naturelle	Immunité acquise
<i>Caractéristiques</i>		
Spécificité des micro-organismes	Relativement limitée (PAMPs) <sup>a</sup>	Élevée (antigènes spécifiques)
Diversité	Limitée	Grande
Mémoire	Non	Oui
<i>Composantes</i>		
Barrières physiques et chimiques	Épithélium des muqueuses et de la peau ; agents antimicrobiens, par exemple les défensines	Systèmes immunitaires mucosal et cutané ; anticorps sécrétés
Protéines sanguines	Complément	Anticorps
Cellules	Phagocytes (macrophages, neutrophiles), cellules tueuses naturelles	Lymphocytes (cellules B produisant des anticorps ; cellules T provoquant des réactions immunitaires de type IV)

Source : extrait et modifié de Abbas, A.H. Lichtman et J.S. Pober, 1997, *Cellular and Molecular Immunology* (3e éd.), Philadelphie, W.B. Saunders Company.

<sup>a</sup>PAMPs : motifs moléculaires associés à des pathogènes.

immunitaire acquis, quant à lui, est capable de distinguer un micro-organisme d'un autre en reconnaissant des caractéristiques, plus précises ou particulières, du modèle.

Les PAMPs sont reconnus par des récepteurs situés à la surface de la cellule. Nous pourrions utiliser une autre analogie et considérer le PAMP comme une clé et le récepteur comme la serrure. Lorsque la clé du PAMP correspond à la serrure du récepteur, une réponse immunitaire est libérée dans la cellule.

Même si plusieurs composantes du système immunitaire naturel doivent être activées par les substances activatrices (agonistes) comme les PAMPs pour engager une réponse immunitaire efficace, cette activation peut se faire relativement vite, en quelques minutes ou quelques heures.

Le fait que l'Institut national des allergies et des maladies infectieuses (NIAID), qui dépend des Instituts nationaux de santé (NIH) des États-Unis, a considérablement développé son programme pour attirer les immunologistes dans le domaine de la recherche en matière de biodéfense, souligne l'importance de l'immunité naturelle pour parvenir à contrôler les maladies infectieuses<sup>2</sup>. L'Institut national des allergies et des maladies infectieuses a annoncé qu'il avait « attribué une subvention à composantes multiples pour créer une "encyclopédie" sur l'immunité naturelle : une photographie complète et détaillée de cette première ligne de défense, indispensable pour lutter contre les maladies bactériennes et fongiques ». L'objectif est de découvrir des connaissances utiles pour mettre au point des traitements contre les maladies infectieuses. Ces informations pourraient être reprises par des projets malveillants d'attaques du système immunitaire naturel.

## RÉPONSE IMMUNITAIRE ACQUISE

Les composants cellulaires de l'immunité acquise (leucocytes appelés *lymphocytes*) sont activés par les antigènes et traversent différentes phases d'activation, d'expansion (multiplication des cellules) et de différenciation pour pouvoir jouer leurs rôles. Il faut donc plusieurs jours pour enclencher une réponse immunitaire acquise, au lieu de quelques minutes ou heures pour une réponse immunitaire

naturelle. En outre, l'immunité acquise a une « mémoire » qui favorise une réponse plus rapide et plus forte, la prochaine fois que ce pathogène précis sera rencontré. L'immunité acquise permet donc une protection spécifique importante, mais prend du temps à se mettre en place.

Lorsque les récepteurs qui se trouvent à la surface d'un lymphocyte se fixent à un antigène précis, un signal d'activation est envoyé à l'intérieur de la cellule pour qu'elle puisse jouer son rôle. Le rôle des lymphocytes B est de produire des anticorps et celui des lymphocytes T est de favoriser la réponse immunitaire (dans le cas des cellules T auxiliaires) ou de tuer les cellules infectées (dans le cas des lymphocytes T cytotoxiques).

Les lymphocytes de l'immunité acquise (les cellules B et T) sont capables de réagir face à un antigène avec une très forte spécificité. L'immunité réagit ainsi contre un agent infectieux spécifique transportant ces antigènes. Les lymphocytes B et T reconnaissent les antigènes par des moyens différents. Les lymphocytes B reconnaissent l'antigène, alors que les lymphocytes T ne peuvent reconnaître un antigène que lorsqu'il est à la surface d'une autre cellule, lié à une molécule spécifique (la molécule du complexe majeur d'histocompatibilité ou CMH). Les molécules du CMH jouent un rôle important dans l'organisme puisqu'elles lui permettent de reconnaître le soi et le non-soi. Cette distinction entre le soi et le non-soi qui est dictée par les molécules du CMH détermine, dans une grande mesure, l'unicité au niveau cellulaire. C'est ce qui se produit lorsqu'un organe d'un individu est greffé sur une autre personne. Le système immunitaire repère les molécules du CMH de l'organe greffé comme des molécules étrangères et lance une réponse défensive. Si cette réponse naturelle n'est pas bloquée par des médicaments, elle peut conduire au rejet de l'organe greffé. Ce n'est que lorsque les molécules du CMH sont identiques entre le donneur et le receveur (comme dans le cas de vrais jumeaux) que le système immunitaire ne réagit pas. Il n'empêche que lorsque des molécules du CMH du soi présentent des antigènes étrangers (comme les antigènes d'un virus ayant infecté une cellule de l'organisme) à des lymphocytes T cytotoxiques, ceux-ci ont une réaction qui entraîne la mort de la cellule infectée par le virus. De cette façon, la cellule infectée par le virus ne peut plus servir à fabriquer d'autres particules du virus. Les lymphocytes T reconnaissent les molécules du CMH comme faisant partie du soi, mais pas ce qui leur est attaché (en l'occurrence, un antigène étranger).

## LES MACROPHAGES

Les macrophages sont des leucocytes qui dévorent les antigènes étrangers et les microbes envahissants puis aident les lymphocytes T à repérer les cellules qui ont été envahies par des pathogènes et à réagir contre elles. Les macrophages jouent un rôle clef dans le système immunitaire ; ils sont actifs à la fois dans les réponses immunitaires acquises et naturelles.

Dans l'immunité naturelle, l'activation des macrophages se fait par la sollicitation de récepteurs présents à la surface de la cellule par des substances appelées agonistes. Parmi les récepteurs à la surface des macrophages, les récepteurs Toll, qui reconnaissent les PAMPs, jouent un rôle particulièrement important. La fixation du PAMP (agoniste) au récepteur Toll active la production de *cytokines*<sup>3</sup>. Les cytokines jouent un rôle de messagers dans le système immunitaire ; elles facilitent la communication entre les cellules du système immunitaire et entre ces cellules et le reste de l'organisme. Les *interférons* sont des cytokines essentielles pour une défense réussie contre de nombreuses infections virales. Les macrophages sont aussi de puissants producteurs de *cytokines pro-inflammatoires* qui génèrent des réactions pour lutter contre les infections.

Lorsque les cytokines sont produites en quantité limitée, elles contribuent fortement aux mécanismes de défense dirigés contre les pathogènes et au processus de guérison. Si elles sont

produites en quantités particulièrement importantes ou de manière continue lors de maladies chroniques, elles peuvent provoquer des dysfonctionnements tels que auto-immunité, insuffisance coronarienne, formation de thrombus, hypoglycémie et, dans certains cas, provoquer un choc ou la mort<sup>4</sup>. D'un autre côté, si leur production est supprimée, la protection contre les infections peut être compromise. Par conséquent, l'activité des cytokines est particulièrement exposée au risque d'une manipulation inhibitrice ou visant à susciter une hyper-réactivité, deux options qui auraient des effets nuisibles.

Les macrophages servent de lien entre l'immunité naturelle et l'immunité acquise. Après avoir dévoré les antigènes étrangers ou les microbes dans le cadre de l'immunité naturelle, les macrophages aident les lymphocytes B et les lymphocytes T dans les réponses immunitaires acquises en produisant des cytokines qui régulent le fonctionnement des lymphocytes ou en présentant des antigènes liés aux molécules du CMH pour que ces antigènes puissent être reconnus par les lymphocytes T. Les macrophages multiplient d'autres substances (appelées molécules co-stimulantes) à leur surface pour améliorer l'interaction avec les lymphocytes T.

### ***Les micro-organismes qui échappent au système immunitaire***

Pour être pathogène, un micro-organisme doit avoir un mécanisme lui permettant d'échapper aux défenses immunitaires. L'étude de ces processus suscite un très grand intérêt pour trouver comment contrer les stratégies de contournement du système immunitaire en mettant au point, par exemple, des vaccins qui anéantiraient la tactique de la variation antigénique utilisée par les micro-organismes. Il convient cependant d'être très vigilants car les possibilités de contourner le système immunitaire pourraient être utilisées à des fins malveillantes. Certaines stratégies sont décrites ci-après.

***Il convient cependant d'être très vigilants car les possibilités de contourner le système immunitaire pourraient être utilisées à des fins malveillantes.***

#### MUTATION OU VARIATION ANTIGÉNIQUE

Certains micro-organismes mutent fréquemment ou modifient leur composition antigénique pour ne pas être reconnus par les récepteurs antigéniques des cellules du système immunitaire. Certains micro-organismes ont un taux de mutation anormalement élevé. C'est le cas, par exemple, du virus de la grippe et du VIH. C'est l'une des raisons pour lesquelles ces maladies infectieuses résistent à la vaccination. En outre, certains micro-organismes peuvent muter en raison de pressions exercées directement par le système immunitaire. Paradoxalement, lorsque le système immunitaire réagit contre un micro-organisme, il l'incite en fait à muter<sup>5</sup>. Les antigènes qui suscitent les réactions immunitaires les plus fortes subissent les plus grandes pressions de sélection immunitaire.

#### RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ DU COMPLÉMENT

L'une des composantes les plus importantes de l'immunité est le *système du complément*. Il est constitué d'une trentaine de substances présentes dans le sérum sanguin et qui deviennent actives dans une série de réactions lors d'une réponse immunitaire (la cascade du complément). Ce processus

peut être activé par des substances microbiennes lors de réponses immunitaires naturelles, mais aussi par des anticorps lors de réponses immunitaires acquises.

Cet exemple illustre, lui aussi, l'importance de l'équilibre du système. Les insuffisances de composants clés du complément auraient un effet dévastateur dans le cas de certaines maladies infectieuses, et ce malgré l'utilisation d'antibiotiques ou d'autres agents chimiothérapeutiques. D'un autre côté, l'activation du complément provoquerait des dommages considérables aux cellules de voisinage. Dans un organisme sain, l'activation du complément est tenue en échec par toute une série de facteurs connus sous le nom de régulateurs du complément<sup>6</sup>.

Les virus des familles des poxvirus, du virus de l'herpès et des rétrovirus produisent des homologues qui imitent les protéines régulatrices du complément ; ils peuvent ainsi échapper à l'action du complément<sup>7</sup>. Le virus de la variole *variola major* provoque, chez l'être humain, une infection virulente grave, alors que le virus utilisé dans la vaccination contre la variole, le virus de la vaccine, ne cause généralement qu'une petite infection, qui passe parfois même inaperçue, en tout cas chez les personnes dont le système immunitaire est intact.

L'enzyme inhibitrice du complément (ou SPICE) est une composante du virus de la variole qui peut accroître son pouvoir pathogène ou sa capacité à provoquer la maladie. Ces enzymes peuvent désactiver l'un des composants clés du complément (le C3b de l'être humain) qui active le processus de l'immunité naturelle et conduit les cellules à engloutir des matières pour les digérer, les détruire ou les tuer. Désactiver le complément reviendrait à paralyser une composante vitale de l'immunité naturelle. Il existe aussi une protéine de régulation du complément pour le virus de la vaccine (appelée VCP) ; elle est toutefois beaucoup moins efficace (100 fois moins) que l'enzyme SPICE. Selon un rapport récent<sup>8</sup>, des chercheurs ont modifié le gène VCP du virus de la vaccine pour avoir la même séquence de nucléotides que pour l'enzyme SPICE. Le mutant recombiné de la VCP était bien plus efficace que la VCP normale pour désactiver le complément en milieu artificiel. Les chercheurs n'ont pas appliqué ce gène modifié au virus de la vaccine, mais leurs travaux étaient proches d'une telle manipulation. Avec le gène modifié, le virus de la vaccine aurait certainement un pouvoir pathogène beaucoup plus grand.

#### LA RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ DES CYTOKINES

Comme nous l'avons vu précédemment, les interférons sont des cytokines que les cellules produisent pour se protéger contre une infection virale et les stratégies anti-interférons sont, pour la plupart des virus, une possibilité d'échapper au système immunitaire. Le mécanisme consiste à produire des récepteurs solubles d'interférons pour qu'ils servent de leurres. Ces leurres se lient aux interférons et les désactivent avant qu'ils n'atteignent leur « destination », les récepteurs normaux liés à la membrane<sup>9</sup>.

D'autres cytokines, comme les cytokines pro-inflammatoires, sont essentielles pour diriger les activités de différents éléments du système immunitaire. L'un des mécanismes les plus intéressants identifié récemment est l'imitation des cytokines et des récepteurs de cytokines par de grands virus à ADN (le virus de l'herpès et les poxvirus). Les homologues des cytokines pourraient rediriger la réponse immunitaire dans l'intérêt du virus, en supprimant par exemple l'activité antivirale des lymphocytes T cytotoxiques. Les virus qui infectent les cellules immunitaires pourraient utiliser ces homologues pour envoyer à la cellule infectée un message favorisant la reproduction du virus<sup>10</sup>. De plus, les récepteurs solubles de cytokines dus au virus pourraient neutraliser l'activité des cytokines avant que celles-ci ne puissent réagir avec leurs récepteurs habituels.

## INHIBER LA MORT PROGRAMMÉE DES CELLULES

Une autre possibilité d'échapper au système immunitaire est de produire des inhibiteurs viraux pour empêcher l'apoptose (autrement dit la mort cellulaire programmée). En ce sens, l'apoptose peut être considérée comme une réponse visant à limiter la propagation intracellulaire des virus. Le système immunitaire reconnaît une cellule infectée par un virus parce qu'elle comporte des fragments de protéines virales liés aux molécules du CMH à la surface de la cellule. Comme nous l'avons dit précédemment, à la différence des lymphocytes B, les lymphocytes T ne reconnaissent un virus que s'il est lié à une molécule du CMH. Cette reconnaissance déclenche l'activation de lymphocytes T cytotoxiques qui attaquent et tuent la cellule en déclenchant l'apoptose.

Certains virus peuvent éliminer la production de molécules du CMH. Les antigènes viraux ne sont alors pas liés aux molécules du CMH et ne peuvent être reconnus par les lymphocytes T. La cellule et la machine à produire le virus sont ainsi protégées contre une destruction par des lymphocytes T cytotoxiques<sup>11</sup>. Des virus comme le cytomégalovirus provoquent l'expression d'un certain type de molécule du CMH capable de se fixer aux récepteurs à la surface de cellules tueuses, et de supprimer l'activité de ces cellules qui jouent un rôle important dans l'immunité naturelle<sup>12</sup>.

### *La vulnérabilité du système immunitaire face à la modulation des biorégulateurs*

Outre la possibilité que des pathogènes échappent au système immunitaire, celle de moduler les réponses immunitaires de façon négative avec des biorégulateurs qui ne sont pas des micro-organismes, mais des substances généralement présentes dans l'organisme pour réguler les processus biologiques, doit être un véritable motif de préoccupation.

La production inopportune de cytokines pro-inflammatoires est un exemple d'utilisation malveillante des biorégulateurs. Augmenter la production de cytokines pro-inflammatoires en utilisant des PAMPs pour qu'ils enclenchent les récepteurs Toll à la surface des macrophages pourrait, à tout le moins, provoquer une série de réactions (fièvre, somnolence, léthargie et manque d'appétit), qui signalent généralement une réaction du système immunitaire<sup>13</sup>. Il n'empêche que la production de cytokines pro-inflammatoires en grande quantité pourrait conduire à l'auto-immunité, voire entraîner un choc ou la mort<sup>14</sup>. D'un autre côté, inhiber la production de ces cytokines en utilisant des biorégulateurs qui peuvent en réguler la synthèse de manière négative pourrait entraîner une protection insuffisante par l'immunité naturelle.

Un deuxième exemple de modulation des réponses immunitaires avec les biorégulateurs porte sur les « super-antigènes ». Le système immunitaire est particulièrement vulnérable aux attaques de certains super-antigènes. De manière générale, moins de 0,01% des lymphocytes B ou T réagissent à un antigène particulier. Par contre, plusieurs super-antigènes capables de réagir avec un nombre important de lymphocytes T (entre 5 et 25%) ont été décrits<sup>15</sup>.

Par exemple, l'*entérotoxine B staphylococcique* est un agent biologique qui entre dans la catégorie des armes chimiques potentielles. Cette toxine figurait sur la liste des agents antipersonnel envisagés par les États-Unis dès 1949<sup>16</sup> et aurait été préparée à des fins d'armements par l'armée des États-Unis avant la négociation de la Convention sur les armes biologiques ou à toxines<sup>17</sup>. Elle a aussi fait l'objet de recherches approfondies dans la littérature biomédicale. L'entérotoxine B staphylococcique est un super-antigène ; elle peut activer un grand nombre de lymphocytes T pour produire de très grandes quantités de cytokines ce qui peut provoquer différentes réactions de l'organisme, et notamment inflammation, fièvre, coagulation généralisée du sang et choc<sup>18</sup>.

Récemment, un super-antigène capable d'activer jusqu'à 50% de la population lymphocytaire B et de provoquer une augmentation du taux d'apoptose (mort) des cellules liées à ce super-antigène, a été décrit<sup>19</sup>. Les chercheurs travaillent sur ce super-antigène pour accroître les possibilités d'activation et affiner certaines caractéristiques afin de pouvoir cibler les lymphocytes B cancéreux dans les cas du lymphome ou de la leucémie. Il pourrait donc être envisagé à des fins thérapeutiques<sup>20</sup>.

### **Systemes d'administration**

Il s'agit de composants qui permettent de viser un site précis de l'organisme pour que s'y développe une certaine activité. Ces systèmes doivent être sérieusement considérés comme pouvant être utilisés à des fins mixtes. Ils peuvent être très utiles pour la vaccination et la thérapie génique, mais peuvent être employés comme vecteurs pour de dangereux biorégulateurs ou toxines.

***Il s'agit de composants qui permettent de viser un site précis de l'organisme pour que s'y développe une certaine activité. Ces systèmes doivent être sérieusement considérés comme pouvant être utilisés à des fins mixtes.***

Citons, par exemple, le cas des *virus utilisés comme vecteurs pour transférer un gène étranger* dans des cellules dans le cadre de l'immunisation ou de la thérapie génique. L'infection par le virus entraînerait la production de la substance codée par ce gène étranger, par exemple, un antigène étranger.

Le virus de la vaccine a fait l'objet d'études à des fins d'immunisation en raison de son efficacité générale en tant que vaccin et de son large génome qui peut porter plusieurs gènes d'antigènes étrangers à la fois<sup>21</sup>. Par ailleurs, la mise au point de virus adéno-associés comme vecteurs pour transporter des gènes est prometteuse, puisqu'il s'agit de virus défectifs et qu'il n'a jamais été démontré qu'ils puissent avoir des effets pathogènes sur l'homme<sup>22</sup>.

Quoi qu'il en soit, il est évident que les cytokines peuvent être transportées par des virus conçus pour transmettre leurs gènes. Dans l'expérience sur le virus mousepox mentionnée précédemment, l'introduction du gène pour l'interleukine 4 dans un virus relativement inoffensif avait pour effet dévastateur de supprimer une branche essentielle de l'immunité et d'en faire un virus mortel<sup>23</sup>. De super-antigènes ainsi que d'autres toxines et régulateurs du complément pourraient être introduits de cette façon.

Les *immunotoxines* sont un autre moyen possible. Une immunotoxine est une molécule de toxine associée à un anticorps capable de fixer des antigènes spécifiques à la surface de cellules particulières. La plupart des molécules de toxines sont constituées de deux parties : la partie toxique et la partie de l'interaction. Dans le cas des immunotoxines, la partie de la molécule qui peut se fixer à l'objectif habituel a été retirée et remplacée par une molécule d'anticorps. Cela permet à l'anticorps de définir un nouvel objectif et de rediriger la molécule. Les toxines utilisées pour produire des immunotoxines sont la ricine, la *Shigella* et la toxine diphtérique. Les immunotoxines sont notamment utilisées dans les thérapies contre les tumeurs. Il s'agit d'axer l'activité des toxines sur des cellules tumorales précises ; en l'occurrence, la spécificité de l'anticorps est dirigée contre les antigènes des cellules tumorales<sup>24</sup>. Un certain nombre d'essais cliniques avec des immunotoxines sont terminés et d'autres se poursuivent. À ce jour, les résultats sur les patients atteints de leucémie et de lymphomes sont encourageants, mais ceux sur les patients avec de grosses tumeurs sont décevants. Des substances biologiquement actives pourraient être dirigées contre des cibles précises en association avec une molécule d'anticorps.

Des molécules peuvent être modifiées pour associer la portion toxique d'une toxine à un antigène visant un récepteur particulier. Cet antigène dirigerait la toxine vers les cellules dotées de ce récepteur. Ces molécules modifiées sont appelées *protéines hybrides*.

L'aérosolisation de vecteurs chargés de gènes étrangers pourrait être un moyen efficace, surtout si le vecteur est un micro-organisme virulent, puisque la plupart des infections commencent au niveau de la muqueuse. Si le biorégulateur n'est pas un micro-organisme, comme c'est le cas pour les cytokines, les super-antigènes et les immunotoxines, un transport réussi par le biais d'un aérosol dépend, en grande partie, des propriétés physiques et chimiques de ce vecteur. L'Armée des États-Unis semble avoir étudié l'absorption de biorégulateurs endogènes par le biais d'aérosols. L'insuline et la cytokine pro-inflammatoire IL-1 se sont avérées efficaces sous forme aérosol lors d'études sur l'absorption pulmonaire<sup>25</sup>.

L'utilisation de certains moyens d'administration se heurte à de nombreuses difficultés techniques qui en limitent les applications. La possibilité d'utiliser ces systèmes à des fins thérapeutiques suscite un très grand intérêt et nous pouvons nous attendre à de grandes avancées dans ce domaine dans un avenir proche. Alors que nos connaissances sur le sujet progressent, nous devrions nous inquiéter du risque qu'elles soient utilisées à des fins malveillantes.

### ***La vulnérabilité du système immunitaire face aux manipulations après l'immunisation***

L'activation du système immunitaire face à une infection est une étape essentielle pour lutter contre la menace que constitue l'agent étiologique. Il n'empêche que l'activation des composants du système immunitaire est invariablement associée à la production accrue ou à l'exposition de marqueurs pouvant être visés par une arme biologique.

Les lymphocytes B et T sont fabriqués durant le développement du système immunitaire et avant le contact avec les antigènes pour produire un grand nombre de cellules capables de réagir à un antigène particulier<sup>26</sup>. Au départ, seul un sous-ensemble de ces cellules peuvent reconnaître un antigène. Comme nous l'avons dit précédemment, en général moins de 0,01% des lymphocytes T ou B peut reconnaître un antigène particulier<sup>27</sup>. Pour que la réponse immunitaire soit efficace, ces lymphocytes B et T doivent se multiplier pour atteindre un nombre suffisant leur permettant de contrer une infection. Selon la force de l'attaque et le type de l'antigène, les lymphocytes sont activés puis se divisent entre 10 et 20 fois avant d'arrêter de se multiplier et d'entamer la phase de différenciation ; ils peuvent ensuite jouer leur rôle. Cela représente une multiplication considérable des lymphocytes propres à un antigène suite au processus d'immunisation, surtout lorsqu'un vaccin est injecté en plusieurs doses.

Ces clones de lymphocytes B et T comportent des récepteurs correspondant à un antigène spécifique ; ils sont donc plus exposés au risque d'être visés par des toxines modifiées, que nous avons évoqué précédemment. Une *protéine hybride*, constituée de l'antigène spécifique (contre lequel les lymphocytes B sont dirigés) liée à la partie toxique d'une molécule de toxine, pourrait être conçue ou modifiée pour servir de moyen d'introduction vers les lymphocytes B. Comme les lymphocytes B libèrent des anticorps dirigés contre l'antigène, cette protéine pourrait être neutralisée et éliminée par les anticorps, avant de pouvoir provoquer trop de ravages.

Les lymphocytes T pourraient être une cible plus vulnérable, puisqu'ils ne sécrètent pas les récepteurs correspondant à un antigène. Reste que le vecteur qui contiendrait la toxine devrait être conçu de façon à pouvoir inclure le fragment de l'antigène étranger lié à la partie d'une molécule du CMH qui pourrait être reconnu par le lymphocyte T. C'est une tâche particulièrement difficile aujourd'hui, surtout que les lymphocytes T ne peuvent reconnaître que les molécules du CMH du soi. Il n'empêche que de nouvelles études permettent de mieux comprendre le système de reconnaissance, par les lymphocytes T, des antigènes présentés par les molécules du CMH<sup>28</sup> ; cette perspective pourrait être un motif de préoccupation pour l'avenir.

En plus de favoriser la multiplication des récepteurs correspondant à un antigène, l'immunisation accroît aussi l'expression d'autres molécules à la surface des lymphocytes et des macrophages. En raison de cette expression accrue, ces marqueurs pourraient rendre la cellule plus vulnérable et l'exposer, par exemple, à une attaque d'immunotoxines.

### ***Attaque contre le système immunitaire et le système neuroendocrinien***

L'article précédent de ce numéro du *Forum du désarmement* examine la possibilité que les neurosciences soient utilisées à des fins malveillantes. Il est de plus en plus admis que le système immunitaire interagit fortement et de manière complexe avec les systèmes nerveux et endocrinien. Il existe un équilibre subtil entre les pouvoirs des éléments qui composent ces trois systèmes. La perturbation de l'un de ces systèmes affecte inévitablement le fonctionnement des autres. Ces trois systèmes sont connectés par le biais de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, via les cytokines, les hormones, les neurotransmetteurs, les peptides et leurs récepteurs, ainsi que par les connexions des organes lymphoïdes et neuronaux<sup>29</sup>.

Pour illustrer la façon dont un système affecte un autre, ce qui peut avoir des effets nuisibles pour les deux, prenons l'exemple de l'interaction entre les biorégulateurs du système immunitaire (cytokines) et le système neuroendocrinien (hormones et neurotransmetteurs) dans l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien. Premièrement, examinons ce qui se passe habituellement lors d'une infection. Les cytokines pro-inflammatoires sont produites par les cellules du système immunitaire après avoir été en contact avec les micro-organismes ou leurs produits<sup>30</sup>. Ces cytokines entrent en circulation au niveau des sites de la réponse immunitaire dans les tissus et les organes. Leur taille les empêche généralement de franchir la barrière hémato-encéphalique. Il existe toutefois une partie de l'hypothalamus (la partie du cerveau impliquée dans le contrôle de fonctions aussi diverses que manger, boire, dormir, la thermorégulation, la régulation cardiovasculaire et la sécrétion hormonale) qui peut permettre aux cytokines d'accéder à cette région<sup>31</sup>. Elles se fixent ensuite aux récepteurs des cellules de l'hypothalamus et provoquent une série de réactions (fièvre, somnolence, léthargie et manque d'appétit)<sup>32</sup>. De cette façon, le système immunitaire signale au cerveau que le repos s'impose pour favoriser la récupération.

Si la réaction est trop forte, elle peut être particulièrement débilitante. Pour éviter que l'action des cytokines pro-inflammatoires devienne incontrôlable, ces mêmes biorégulateurs exercent une autre action sur l'hypothalamus en favorisant la *production de corticolibérine*<sup>33</sup>. Il s'agit d'une hormone impliquée dans la régulation immunitaire. Elle conduit l'hypophyse à produire l'hormone adrénocorticotrope. Cette hormone entre en circulation et agit sur le cortex surrénalien pour susciter la production de glucocorticoïdes, qui jouent un rôle important dans l'élimination des réponses immunitaires et arrêtent la production de cytokines pro-inflammatoires avant qu'elles ne soient produites en trop grande quantité.

Là encore, l'équilibre est essentiel. La corticolibérine produite en trop grande quantité peut avoir un effet néfaste sur le système nerveux central. La corticolibérine est associée aux cas de dépression majeure, à l'anorexie mentale et à la maladie d'Alzheimer<sup>34</sup>. Des expériences sur des animaux ont conclu que la surproduction de corticolibérine est impliquée dans des lésions neuronales. Dans le cadre de ces études, une attaque cérébrale était provoquée chez des animaux. Il a été démontré que les lésions neuronales que produisait l'accident cérébral pouvaient être évitées si l'action de la corticolibérine était inhibée par certaines substances particulières<sup>35</sup>.

En général, ces interactions au sein de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien servent à éviter que les réactions ne dégèrent. Il est toutefois facile de voir qu'une surproduction sélective de cytokines

pro-inflammatoires pourrait exacerber les effets négatifs sur le système immunitaire et le système neuroendocrinien et provoquer des réactions débilitantes, une immuno-suppression importante voire des lésions neuronales.

## Conclusions

Dans cet article, nous avons abordé le problème des possibilités d'utilisations mixtes des biotechnologies modernes en évoquant plus largement les conséquences possibles et en insistant sur le risque que les systèmes biologiques soient l'objet d'intentions malveillantes en prenant pour exemple le cas du système immunitaire. La possibilité de perturber le système immunitaire avec des micro-organismes conçus pour contourner les défenses immunitaires, mais aussi avec des biorégulateurs, qui peuvent profondément modifier son fonctionnement, donne une plus grande ampleur au problème des risques d'utilisations mixtes. Cette question est encore plus complexe vu les interactions entre des systèmes biologiques aussi vitaux que le système immunitaire et le système neuroendocrinien et leur vulnérabilité face à des manipulations avec des biorégulateurs.

Les progrès extrêmement rapides de la biotechnologie sont opposés à la Convention sur les armes biologiques ou à toxines, traité pour lequel aucune organisation n'a été créée et qui ne dispose pas de mécanismes adéquats pour vérifier que ses dispositions sont bien respectées. Cette situation souligne la nécessité d'adopter d'autres mesures de contrôle. Les critères de maîtrise des armements préventive soulignent la nécessité de contrôler la recherche pour permettre aux avancées potentiellement dangereuses d'être signalées à temps. Il faut donc envisager sérieusement d'améliorer le contrôle exercé sur les activités de recherche, ne serait-ce que pour favoriser la prise de conscience de la communauté scientifique à l'égard du problème des utilisations mixtes.

## Notes

1. R. Nowak, 2001, « Disaster in the making. An engineered mouse virus leaves us one step away from the ultimate bioweapon », *New Scientist*, 13 janvier, p. 4 et 5 ; R.J. Jackson et al., 1998, « Infertility in mice induced by a recombinant ectromelia virus expressing mouse zona pellucida glycoprotein », *Biology of Reproduction*, vol. 58, p. 152 à 159 ; R.J. Jackson et al., 2001, « Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox », *Journal of Virology*, vol. 75, p. 1205 à 1210.
2. Etats-Unis d'Amérique, Instituts nationaux de santé, 2003, *NIAID biodefense research agenda for CDC category A agents. Progress Report*, août.
3. S. Akira, 2003, « Mammalian Toll-like Receptors » *Current Opinion in Immunology*, vol. 15, p. 5 à 11 ; M. Triantafyllou et K. Triantafyllou, 2002, « Lipopolysaccharide Recognition: CD14, TLRs and the LPS-activation Cluster », *Trends in Immunology*, vol. 23, p. 301 à 304.
4. E.T. Rietschel et H. Brade, 1992, « Bacterial Endotoxins », *Scientific American*, vol. 267, p. 54 à 61.
5. S. Gupta, N. Ferguson et R. Anderson, 1998, « Chaos, Persistence, and Evolution of Strain Structure in Antigenically Diverse Infectious Agents », *Science*, vol. 280, p. 912 à 915.
6. R. A. Goldsby et al., 2003, op. cit.
7. A. Alcamì et U.H. Koszinowski, 2000, « Viral mechanisms of immune evasion », *Trends in Microbiology*, vol. 8, p. 410 à 418 ; et D. Tortorella et al., 2000, « Viral Subversion of the Immune System », *Annual Review of Immunology*, vol. 18, p. 861 à 926.
8. A.M. Rosengard et al., 2002, « Variola Virus Immune Evasion Design: Expression of a Highly Efficient Inhibitor of Human Complement », *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 99, n° 13, p. 8808 à 8813.
9. A. Alcamì et Koszinowski, 2000, op. cit.
10. Ibid.
11. Ibid.

12. L.N. Carayannopoulos et W.M. Yokoyama, 2004, « Recognition of Infected Cells by Natural Killer Cells », *Current Opinion in Immunology*, vol. 16, p. 26 à 33.
13. A. Inui, 2001, « Cytokines and Sickness Behaviour: Implications from Knockout Animal Models », *Trends in Immunology*, vol. 22, p. 469 à 473.
14. E.T. Rietschel et H. Brade, 1992, « Bacterial Endotoxins », *Scientific American*, vol. 267, p. 54 à 61.
15. R. A. Goldsby et al., 2003, op. cit.
16. J.E. v. C. Moon, à paraître, « The US BW Program: Dilemmas of Policy and Preparedness », dans M. Wheelis, L. Rozsa et M.R. Dando (sous la direction de), *Deadly Cultures: Bioweapons from 1945 to the Present*, Harvard University Press, ch. 2.
17. E. Geissler et K. Lohs, 1986, « The changing status of toxin weapons », dans E. Geissler (sous la direction de), *Biological and Toxin Weapons Today*, Oxford University Press, Oxford, p. 36 à 56.
18. R.A. Goldsby et al., 2003, *Immunology* (5<sup>e</sup> éd.), New York, W.H. Freeman and Company.
19. G.J. Silverman et al., 1998, « The Dual Phases of the Response to a Neonatal Exposure to a V<sub>H</sub> Family-restricted Staphylococcal B Cell Super-antigen », *Journal of Immunology*, vol. 161, p. 5720 à 5732 ; C.S. Goodyear et G.J. Silverman, 2003, Death by a B Cell Super-antigen: In Vivo V<sub>H</sub>-Targeted Apoptotic Supraclonal B Cell Deletion by a Staphylococcal Toxin », *Journal of Experimental Medicine*, vol. 197, p. 1125 à 1139.
20. K. Minton, 2003, « Immune Evasion. Germ Warfare », *Nature Reviews Immunology*, vol. 3, p. 442 à 443.
21. B. Moss, 1985, « Vaccinia Virus Expression Vector: a New Tool for Immunologists », *Immunology Today*, vol. 6, p. 243 à 245 ; et J.A. McCart et al., 2001, « Systemic Cancer Therapy with a Tumor-selective Vaccinia Virus Mutant Lacking Thymidine Kinase and Vaccinia Growth Factor », *Cancer Research*, vol. 61, p. 8751 à 8757.
22. B.J. Carter, 1996, « The Promise of Adeno-associated Virus Vectors », *Nature Biotechnology*, vol. 14, p. 1725 à 1726.
23. R. J. Jackson et al., 2001, op. cit.
24. R.J. Kreitman, 1999, « Immunotoxins in Cancer Therapy », *Current Opinion in Immunology*, vol. 11, p. 570 à 578.
25. Rapporté par B. Rosenberg et G. Burck, 1990, « Verification of Compliance with the Biological Weapons Convention », dans S. Wright (sous la direction de), *Preventing a Biological Arms Race*, Cambridge, MIT Press, p. 301 à 329.
26. L. N. Carayannopoulos et Yokoyama, 2004, op. cit.
27. R. A. Goldsby et al., 2003, op. cit.
28. G.B.E. Stewart-Jones et al., 2003, « A Structural Basis for Immunodominant Human T cell Receptor Recognition », *Nature Immunology*, vol. 4, p. 657 à 663.
29. R.H. Straub et al., 1998, « Dialogue Between the CNS and the Immune System in Lymphoid Organs », *Immunology Today*, vol. 19, p. 409 à 413.
30. L. Steinman, 2004, « Elaborate interactions between the immune and nervous systems », *Nature Immunology*, vol. 5, p. 575 à 581.
31. L. Steinman, 2004, « Elaborate Interactions Between the Immune and Nervous Systems », *Nature Immunology*, vol. 5, p. 575 à 581 ; J. Licinio et P. Frost, 2000, « The Neuroimmune-endocrine Axis: Pathophysiological Implications for the Central Nervous System Cytokines and Hypothalamus-pituitary-adrenal Hormone Dynamics », *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, vol. 33, p. 1141 à 1148.
32. A. Inui, 2001, « Cytokines and Sickness Behaviour: Implications from Knockout Animal Models », *Trends in Immunology*, vol. 22, p. 469 à 473.
33. Straub et al., 1998, op. cit.
34. Licinio et Frost, 2000, op. cit.
35. Ibid.

## Tour d'horizon des technologies non létales

Nick LEWER et Neil DAVISON

**S**i ce numéro du *Forum du désarmement* met l'accent sur les armes chimiques et biologiques, il importe de ne pas oublier le vaste éventail de technologies non létales utilisées ou en cours de développement. Ces technologies joueront, à l'avenir, un rôle croissant dans les combats de guerre, les opérations de soutien de la paix, le maintien de l'ordre et le contrôle dans les prisons. Dans cet article, nous entendons faire le point sur les armes non létales afin de situer dans un contexte plus large les agents biochimiques incapacitants. De très nombreux ouvrages sont consacrés aux armes non létales ; le lecteur peut s'y référer pour plus de précisions<sup>1</sup>. Nous insisterons, pour notre part, sur les principales caractéristiques de ces technologies non létales et les questions qu'elles soulèvent.

Les armes non létales suscitent un intérêt croissant depuis une dizaine d'années. Leurs partisans soutiennent, et ont voulu le démontrer lors de certaines opérations, que les technologies non létales sont particulièrement utiles dans les situations de conflit où les combattants se trouvent mêlés (parfois délibérément) aux non-combattants ; lorsque d'autres options que les méthodes létales s'imposent dans les opérations militaires de soutien de la paix ; lorsque les services responsables du maintien de l'ordre et le personnel carcéral doivent gérer des délinquants violents ; et pour la répression des émeutes. Ajoutons que l'idée de mener des guerres « humaines sans faire couler le sang » a exercé une pression croissante et que les opinions nationales sont de plus en plus réticentes à l'idée d'accepter des morts dans les opérations de guerre. Les avancées des technologies non létales ont été possibles en raison de l'engagement des gouvernements et de sociétés privées, et du fait que nombre de ces technologies ont des applications aussi bien militaires que civiles. Les débats concernant la révolution des affaires militaires et la révolution dans la technologie militaire sont un autre facteur ayant exacerbé l'intérêt pour les armes non létales.

Certains analystes estiment que l'expression « armes non létales » n'est pas appropriée et qu'il serait préférable et plus exact de considérer les armes décrites dans cet article comme étant « moins létales ». Nous convenons, bien sûr, qu'il n'existe aucune garantie qu'une arme soit non létale à 100%. Nous pensons toutefois que l'appellation « armes non létales » s'applique utilement à une certaine catégorie d'armes. Les critères précisés dans notre définition fixent clairement les paramètres de ce que nous considérons comme une arme non létale. Les armes non létales sont spécialement conçues pour frapper d'incapacité des personnes ou endommager du matériel, tout en minimisant

---

Nick Lewer est maître de conférences et directeur du Centre for Conflict Resolution, Département d'études sur la paix, Université de Bradford, spécialiste de la médiation et de la consolidation de la paix dans les situations de violence. Il co-dirige le projet de recherche de Bradford sur les armes non létales. Neil Davison est coordonnateur de projet pour le projet de recherche de Bradford sur les armes non létales et chercheur au Centre de recherche sur le désarmement, Université de Bradford.

Tableau 1 – Les technologies non létales

Technologie	Type(s)	Description	Vecteur	Cible
Énergie cinétique	Projectiles à impact	Projectiles profilés ; matraques (en mousse, en plastique, en caoutchouc, en éponge ou en bois) ; sac à fèves ; capsules (eau, colorant, agents de lutte antiémeute, produits malodorants) ; projectiles empennés ; boulettes (uniques, multiples, petites ou grosses)	Pistolet, fusil, lanceur, mortier	AP, AM
	Canon à eau	Jet à haute pression (qui peut contenir un colorant, un produit chimique irritant ou être électrifié)	Systèmes fixes, portés dans un sac ou montés sur véhicule	AP
Barrières et filets de rétention ou d'enchevêtrement	Filets, chaînes, pointes	Pointes, chausse-trapes, barrières pour arrêter les véhicules ; filets lancés pour piéger des personnes ou bloquer les bateaux à hélices ; mousses rigides pour bloquer les fenêtres ou les portes	Engins lanceurs de filet ; pour les mousses : appareils tenus en main, dans un sac ou sur char avec des pulvérisateurs	AP, AM
Électricité	Armes étourdissantes	Incapacité électrique ; matraques électriques ; boucliers, filets et canons à eau électrifiés ; ceinture neutralisante ; mines et grenades ; systèmes « sans fil » en cours de développement pour être utilisés contre des personnes ou l'électronique des véhicules	À partir de l'engin : par contact direct avec des électrodes ou à distance avec des fils. Les systèmes sans fil utilisent des projectiles avec condensateur ou des lasers à impulsions	AP, AM
Acoustique	Acoustique-optique	Engins aveuglants et assourdissants et grenades cataplexiantes qui produisent des sons et des lumières très puissants	Grenades	AP
	Générateurs acoustiques	Dispositifs produisant des sons audibles, des infrasons ou des ultrasons ; peuvent provoquer douleur, gêne, nausée, désorientation	Générateurs acoustiques (fixes, portatifs ou tenus en main)	AP
	Générateurs de tourbillons	Générateur qui produit un tourbillon d'air à très haute vitesse (« projectile acoustique ») ; peut transporter d'autres substances (agents chimiques)	Dispositifs générateurs de tourbillon	AP
Énergie dirigée	Micro-ondes à haute puissance	Fréquences radioélectriques visant à détériorer ou à détruire le matériel électronique ; production d'énergie par une explosion ou par l'électricité	Bombe/missile, engin fixes ou portatifs	AM
	Ondes millimétriques	« Faisceau » dirigé contre les personnes et qui chauffe les molécules d'eau sous la peau et provoque des sensations de brûlure (par ex., ADS)	Système monté sur véhicule ou sur avion	AP
	Laser (de faible puissance)	Lasers à diode rouge ou verte servant à aveugler temporairement ou brouiller la vision (connus sous les appellations <i>dazzlers</i> et <i>illuminators</i> )	Système de torche (portatif ou adapté sur une arme)	AP
	Laser (de forte puissance)	Système laser chimique utilisé contre du matériel, léthal contre les êtres humains (par ex., <i>Advanced Tactical Laser</i> ) ; laser chimique à impulsions qui produit des ondes de choc et entraîne une incapacité des personnes (par ex., PEP)	Systèmes montés sur véhicule ou sur avion en cours de développement ; volonté de systèmes portatifs pour l'avenir	AP, AM
Chimie	Agents de lutte antiémeute	Produits chimiques irritants (gaz lacrymogènes) comme les agents CS, CN et CR ; capsaicine oléorésineuse (gaz poivré) d'origine biologique (le PAVA est le produit de synthèse) ; sous forme d'aérosols ou de poudres ; provoquent une irritation des yeux et des voies respiratoires supérieures	Cartouches de fusils, obus de mortiers, grenades, et pulvérisateurs ; projectiles frangibles contenant des agents de lutte antiémeute en poudre tirés avec des lanceurs ou des armes à feu existantes ; munitions à éclatement aérien en cours de développement	AP
	Produits malodorants	Composés chimiques nauséabonds utilisés comme agents de lutte antiémeute ou pour décourager l'accès à une zone	Comme pour les agents de lutte antiémeute	AP
	Agents antitraction	Polymères lubrifiants étalés sur le sol ou d'autres types de surface pour empêcher l'accès aux personnes ou aux véhicules	Pulvérisateurs dans des sacs ou montés sur des chars	AP, AM

Antipersonnel (AP) ou antimatériel (AM)

Technologie	Type(s)	Description	Vecteur	Cible
Chimie (suite)	Obscurcissants	Fumées pour empêcher de voir ou colorants pour une utilisation sous-marine	Grenades, mortiers et obus	AP
	Mousses	Mousses rigides ou collantes utilisées comme barrières (mais pas directement contre des personnes à cause du risque d'obstruction des voies respiratoires) ; et les mousses aqueuses comme barrière contre les personnes (des irritants chimiques peuvent être ajoutés)	Pulvérisateurs	AP
	Produits chimiques antimatériel	Utilisés contre des structures ou des véhicules ; modificateurs de combustion, impuretés du carburant, super-corrosifs, agents de fragilisation, super-adhésifs et agents de dépolymérisation ont été proposés	Déploiement direct, pulvérisateur ou projectile contenant la substance	AM
	Défoliants/herbicides	Produits chimiques pour tuer les cultures ou la végétation ; utilisés au Viet Nam (l'agent Orange) ; dangereux pour la santé de l'homme (dioxines cancérigènes dans l'agent Orange)	Pulvérisés avec des avions d'épandage	Phytotoxique*
Chimie/ biochimie	Incapacitants <i>Illégaux selon la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines</i>	Agents chimiques ou biochimiques toxiques agissant sur les neurorécepteurs du système nerveux central ; ils provoquent sédation, désorientation, hallucination, modifications du comportement psychique, inconscience ou la mort ; Ils sont diffusés sous forme d'aérosol et sont différents des agents de lutte antiémeute	Pulvérisation au-dessus d'une zone avec un générateur d'aérosol ou des munitions/ projectiles analogues aux agents de lutte antiémeute ; possibilité d'injection (par ex., fléchettes sédatives) ; d'autres options (par ex. transdermique) ont été proposées	AP
Biologie	Micro-organismes antimatériel <i>Illégaux selon la Convention sur les armes biologiques ou à toxines</i>	Bactéries qui détériorent différentes matières (le plastique, le métal, etc.)	Application directe, le plus souvent avec des pulvérisateurs d'aérosols	AM
	Agents anticulture <i>Illégaux selon la Convention sur les armes biologiques ou à toxines</i>	Champignons utilisés pour tuer les cultures de drogues comme les plantations d'opium ou de coca	Application avec des pulvérisateurs d'aérosols, le plus souvent avec des avions d'épandage	Phytotoxique
Technologies combinées	Associent différentes technologies non létales	Projectiles fragibles contenant des produits chimiques (cinétique et chimique) ; armes électriques « sans fil » utilisant un faisceau laser (à énergie dirigée ou électrique) ; canon à eau modifié (cinétique et chimique/électrique) ; <i>multi-sensory grenade</i> (optico-acoustique et chimique)	Divers décrits ci-dessus	AP
Vecteurs	Munitions non létales	Munitions non létales (par ex., des obus de mortiers) pour diffuser différentes charges (aérosols, liquides, solides, en poudre) ; munitions à éclatement aérien	Pistolet, lanceur, mortier	Dépend de la charge
	Encapsulation/ microencapsulation	Encapsulation (projectiles de type <i>paintball</i> ) et micro-encapsulation (minuscules capsules) pour diffuser des agents chimiques, comme les agents de lutte antiémeute, les produits malodorants, les colorants et les agents antitraction	Projectiles mis en capsules et tirés par des lanceurs ; microcapsules contenues dans les munitions ou appliquées directement	Dépend de la charge
	Véhicules sans pilote	Véhicules aériens ; engins nautiques de surface ; véhicules sous-marins ; véhicules terrestres	Deployés à partir de plateformes sans personnel	Dépend de la charge

\* mais extrêmement dangereux pour la santé de l'être humain

les dommages collatéraux aux édifices et à l'environnement ; elles doivent être discriminantes et ne pas causer de souffrance inutile ; leurs effets doivent être temporaires et réversibles ; et elles devraient représenter une alternative à l'emploi de la force classique ou en relever le seuil d'utilisation. Différentes armes non létales existent déjà : les balles en plastique ou en caoutchouc, les filets de rétention ou d'enchevêtrement, les produits irritants comme les gaz poivrés ou les gaz lacrymogènes, et les engins électriques d'étourdissement comme les pistolets Tasers. De nouvelles armes non létales sont en cours de développement et notamment les armes acoustiques et les armes à micro-ondes, les mines terrestres non létales et les produits malodorants (voir Tableau 1). De nombreux analystes s'accordent à dire que les armes non létales ont un rôle « légitime » à jouer, tant au niveau civil que

***Il importe de trouver un juste équilibre pour que les effets pervers des armes non létales ne l'emportent pas sur le côté rassurant que peuvent représenter leur mise au point et leur déploiement.***

militaire. Reste que les divergences de vue sont profondes s'agissant de leur utilisation effective et de la menace qu'elles représentent pour le droit international et les conventions sur les armements. Comme d'habitude, il importe de trouver un juste équilibre pour que les effets pervers des armes non létales ne l'emportent pas sur le côté rassurant que peuvent représenter

leur mise au point et leur déploiement. Ajoutons notamment que les technologies non létales émergentes offrent des possibilités toujours plus importantes en matière de contrôle des populations et de répression de la contestation civile, d'aucuns parlent alors de « technologies de contrôle politique ».

### ***Les technologies émergentes***

#### L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Les armes à énergie cinétique, comme les munitions-bâtons (balles en plastique ou en caoutchouc), les matraques, les sacs à fèves remplis de boulettes, les petites balles en caoutchouc et les canons à eau, sont utilisés depuis des années par les forces de police et les forces militaires. Ces armes, bien qu'elles soient utilisées depuis très longtemps, présentent des inconvénients. Un rapport du National Research Council des États-Unis souligne qu'en raison de leur courte portée, et de leur manque de précision sur des distances plus longues, ces armes ne peuvent être employées que dans des situations d'engagement rapproché<sup>2</sup>. Le principal motif de préoccupation étant les questions de sécurité, le contrôle du risque de traumatisme par les projectiles contondants reste un problème grave. Les dernières avancées en matière de technologie à énergie cinétique comptent des canons à eau très perfectionnés. Ainsi, « un modèle israélien est capable de lancer des "balles" d'eau, d'infimes quantités d'eau sous très haute pression. Il existe toute une série de configurations ; certaines options mises au point récemment permettent de tirer des jets d'eau ultrafroide, ou des jets électrifiés »<sup>3</sup>. Un colorant ou un irritant chimique peut être ajouté à l'eau pour faciliter l'identification des émeutiers. Différents types de munitions-bâtons sont utilisés, notamment le modèle L21A1 au Royaume-Uni et des balles en plastique recouvertes de mousse pour minimiser les blessures. Ces dernières, testées par le Corps des Marines américains en Iraq, furent rejetées car jugées inefficaces.

#### LES BARRIÈRES ET FILETS DE RÉTENTION OU D'ENCHEVÊTREMENT

Différents systèmes de barrière d'arrêt de véhicules existent aujourd'hui : le *Portable Vehicle Arresting Barrier* et le *X-Net* (ou *Vehicle Lightweight Arresting Device*), qui a été utilisé avec succès

par les Marines américains en Haïti. Le X-Net est composé d'un polyéthylène puissant, le Dyneema. Des filets sont également disponibles pour piéger des personnes ; ces dispositifs peuvent être électrifiés ou dotés de substances collantes. Les études actuelles sur de nouveaux systèmes de barrière s'intéressent notamment aux principes de gonflage d'un airbag<sup>4</sup>. Les chercheurs étudient l'utilisation de la soie d'araignée comme matériau pour un dispositif non légal « d'enchevêtrement » pour immobiliser les personnes ; une méthode pour fabriquer de grandes quantités de protéine recombinante de soie d'araignée à partir de *Escherichia coli* est en train d'être mise au point<sup>5</sup>. Le *Running Gear Entanglement System* (RGES) est un filet utilisé par les gardes-côtes américains pour arrêter les bateaux à hélices.

## L'ÉLECTRICITÉ

Les armes électriques comptent les matraques électriques, les boucliers, filets et canons à eau électrifiés, les *sticky shockers*, les ceintures neutralisantes, les mines terrestres et les grenades. Amnesty International a repéré des fabricants d'armes à électrochocs dans douze pays<sup>6</sup>. C'est à Taiwan, en Chine, en Corée du Sud et aux États-Unis qu'ils sont les plus nombreux. Le pistolet électrique le plus connu est probablement le Taser qui projette, avec des fils conducteurs, deux électrodes qui se prennent dans les vêtements ou la peau de la personne visée et lui envoient une décharge électrique incapacitante. D'aucuns s'interrogent sur l'innocuité du Taser et mettent en garde contre les abus et notamment le risque qu'il soit utilisé pour des actes de torture ou pour commettre d'autres violations des droits de l'homme<sup>7</sup> ; que certaines personnes plus vulnérables risquent des lésions graves voire la mort ; et qu'aucune étude médicale rigoureuse n'a été réalisée pour évaluer l'innocuité des Tasers les plus puissants.

Les évaluations portant sur les effets des armes sont généralement produites par les fabricants eux-mêmes ; les études scientifiques indépendantes sont généralement rares. Au Royaume-Uni, les chercheurs du Defence Science and Technology Laboratory ont réalisé une évaluation des conséquences médicales du Taser M26. Alors qu'ils avaient conclu des documents disponibles que le risque de mort ou de lésions graves semblait faible, ils ont souligné que :

Les preuves expérimentales tirées par les fabricants des modèles biologiques sur les effets voulus et aléatoires du Taser sur les tissus sensibles ne sont pas sérieuses, notamment pour ce qui concerne le M26 ; les preuves évaluées par des spécialistes sont encore plus limitées<sup>8</sup>.

Plusieurs sociétés travaillent à la mise au point d'armes capables de produire des chocs incapacitants sans fils conducteurs. Certaines d'entre elles reprennent différentes caractéristiques des armes électriques et des armes à énergie dirigée. Le principe essentiel est d'utiliser un faisceau laser pour produire un gaz ionisé ou plasma qui enverra une décharge électrique vers la personne ou le véhicule visé. Une arme de ce genre existe au stade de prototype ; il s'agit du *Close Quarters Shock Rifle* (CQSR). Le fabricant affirme qu'elle permettra de « diriger un jet d'électricité contre une ou plusieurs cibles en une seule fois »<sup>9</sup>. Cette arme a suscité de vives réactions de la part des organisations des droits de l'homme, comme Amnesty International, qui ont une fois encore dénoncé le peu de recherches ayant étudié les effets biomédicaux et psychologiques de cette arme. Il existe aussi le risque de voir des passants innocents être touchés par cette arme « non discriminante ».

Des projectiles électriques sans fil sont également étudiés pour surmonter l'inconvénient de la portée limitée du Taser (environ 6 mètres) et offrir aux policiers et aux militaires la distance de sécurité accrue qu'ils demandent, mais comme pour tous les projectiles, le problème demeure de la précision moindre à des distances plus grandes, ce qui signifie que les gens auront plus de risques d'être touchés à des endroits non visés comme la tête ou le cou. La façon dont les projectiles

provoqueront une incapacité électrique reste floue pour l'instant. Par exemple, le Taser n'agit que tant que la détente est appuyée et que le courant électrique continue de passer dans le corps de la personne visée. Des questions restent posées : quelle sera la durée de l'incapacité ? Si elle n'est que momentanée, quel en est l'avantage ? Si elle dure plus longtemps, la nécessité d'un choc électrique plus fort signifie-t-elle des risques accrus pour la santé ?

## L'ACOUSTIQUE

Les armes acoustiques, qui utilisent des sons audibles, des infrasons ou des ultrasons, représentent une technologie non létale qui commence à se préciser. Dans la gamme des fréquences audibles, une société a mis au point des engins HIDA (*High Intensity Directed Acoustic Devices*), comme le *Long Range Acoustic Device* (LRAD), conçus pour produire des messages d'avertissement audibles jusqu'à 1km. Ces dispositifs ont un effet nettement plus incapacitant sur ce qui se trouve plus près et peuvent produire des sons de 120 décibels (dB) à 60 mètres et atteindre un niveau de crête de 130 dB à 4 mètres<sup>10</sup>. Une personne exposée très longtemps à des niveaux de 80 dB peut subir des dommages auditifs, et en cas d'exposition même très brève à des niveaux de 120 dB ou plus, l'individu risque de perdre l'ouïe<sup>11</sup>. En plus des douleurs, certains engins HIDA peuvent provoquer des effets secondaires tels que la perte d'équilibre, des nausées ou des migraines<sup>12</sup>. Le prototype d'un système portatif basé sur la même technologie, le *directed stick radiator*, a fait l'objet d'une démonstration. Il projette pendant une ou deux secondes des « balles sonores » de forte intensité, autrement dit des impulsions de sons comprises entre 125 et 150 dB. Une telle arme, une fois au point, aurait la capacité de faire tomber une personne. Les armes qui utilisent les fréquences infrasonores pourraient provoquer nausées, désorientation et spasmes intestinaux. Un engin est en train d'être mis au point capable de générer des ondes de choc dans les basses fréquences qui résonnent sur les organes corporels et peuvent entraîner des dommages physiques. Les Marines ont fait l'acquisition du LRAD pour l'utiliser en Iraq<sup>13</sup> et des engins acoustiques auraient été utilisés en Afghanistan<sup>14</sup>. La police de New York a acheté deux unités juste avant la Convention républicaine en 2004 dans la ville. Certains analystes ont exprimé des inquiétudes : « les États-Unis font une grave erreur en essayant de déployer discrètement une nouvelle arme douloureuse sans exposer auparavant toutes les questions que cela soulève aux niveaux légal, politique et des droits de l'homme »<sup>15</sup>.

## L'ÉNERGIE DIRIGÉE

Plusieurs types d'armes à énergie dirigée sont en préparation pour être utilisées comme armes non létales. Elles utilisent différentes sortes d'énergie électromagnétique : les ondes millimétriques, les micro-ondes à haute puissance, le laser à diode de faible puissance, le laser chimique à haute énergie. La plupart sont au stade de développement et ne sont pas encore déployées, mais une nouvelle génération d'armes pourrait être bientôt utilisée. L'utilisation de l'énergie dirigée pour des armes non létales n'est qu'un aspect d'une « vision » plus large du Département de la défense des États-Unis, qui entend exploiter le potentiel militaire de l'énergie dirigée pour avoir des avantages asymétriques sur leurs adversaires. La majorité des investissements concerne les systèmes létaux, et notamment le laser installé sur un Boeing 747 pour la défense antimissile, qui bénéficie d'un financement d'environ 2 milliards de dollars des États-Unis<sup>16</sup>. Dans le document *Joint Concept for Non-Lethal Weapons*, le Corps des Marines des États-Unis souligne la nécessité d'une « capacité rhéostatique », autrement dit d'armes aussi bien létales que non létales<sup>17</sup>. Selon certains, « ... l'arme

non létale idéale serait un système qui aurait une intensité visible continue et qui pourrait provoquer un coup d'avertissement, un choc étourdissant ou un effet létal »<sup>18</sup>.

L'énergie dirigée est considérée comme la possibilité la plus prometteuse pour mettre au point une arme « réglable » semblable à l'arme de fiction souvent citée qu'est le *phaser* de la série Star Trek.

L'*Active Denial System* (ADS) est une arme qui utilise l'énergie des ondes millimétriques pour chauffer les molécules d'eau dans les couches sous-cutanées de la peau, provoquant une sensation de brûlure douloureuse. Les effets de l'exposition sont proportionnels : la durée de l'exposition est donc un facteur essentiel<sup>19</sup>. L'armée américaine a équipé un Humvee d'un tel prototype ; il sera donné aux forces armées pour être évalué avant qu'une décision de déploiement ne soit prise avant la fin 2005<sup>20</sup>.

Les armes qui utilisent les micro-ondes à haute puissance provoquent une rafale de fréquences radioélectriques afin de détériorer ou détruire les circuits du matériel électronique. Il existe deux grands types d'armes de ce genre : les armes à large bande qui dégagent un rayonnement sur un large spectre de fréquences à l'aide d'un explosif brisant ou d'un générateur électromagnétique ; et les armes électriques de fréquence à bande étroite qui visent des cibles précises<sup>21</sup>. Des réserves ont été formulées sur le risque de détruire des infrastructures électroniques civiles – que ce soit des équipements hospitaliers ou des stimulateurs cardiaques –, ce qui serait contraire au droit international humanitaire. Les armes utilisant les micro-ondes à haute puissance n'ont pas été décrites par l'armée comme « non létales » et peuvent être considérées comme une extension de la force létale. Par exemple, une annonce récente de l'armée américaine lançait un appel pour des idées permettant d'accroître la létalité des munitions classiques avec une composante d'énergie dirigée avec des micro-ondes à haute puissance<sup>22</sup>. Les micro-ondes à haute puissance permettraient aussi de concevoir des armes capables d'immobiliser des véhicules en désactivant les systèmes embarqués de contrôle informatique.

Les armes laser comptent des systèmes de faible et de forte puissance. Des engins tels que les *illuminators* ou les *dazzlers*, qui sont déjà disponibles, utilisent un laser à diode de faible puissance pour aveugler temporairement ou brouiller la vision. L'utilisation de ces engins suscite des inquiétudes pour la sécurité des yeux. Les lasers à haute énergie font aussi l'objet d'études pour des applications non létales. Par exemple, le *Advanced Tactical Laser* est un système de laser chimique sur lequel travaille l'armée américaine et qui serait fatal s'il était utilisé contre des êtres humains. Les utilisations antimatériel non létales envisagées consisteraient à « faire éclater les pneus des voitures ou les réservoirs de carburant, couper de manière sélective les lignes électriques ou de communications, ou provoquer des départs de feu »<sup>23</sup>. L'emploi de certains types de laser à haute énergie à des fins antipersonnel est aussi envisagé. Une arme de ce genre est en cours de développement ; il s'agit du *Pulsed Energy Projectile* (PEP), dont les effets ont été décrits de la manière suivante :

Le PEP utiliserait un laser au fluorure de deutérium à impulsions conçu pour produire un plasma ionisé à la surface de la cible visée. Le plasma entraînerait à son tour une onde de pression ultrasonique qui passerait dans le corps et stimulerait les nerfs cutanés afin de provoquer une douleur et une paralysie temporaire<sup>24</sup>.

#### LES AGENTS DE LUTTE ANTIÉMEUTE ET LES PRODUITS MALODORANTS

Il existe différents agents de lutte antiémeute : des produits chimiques de synthèse, les agents CS, CN et CR, ainsi que la capsaïcine oléorésineuse ou gaz poivré, qui est d'origine biologique. Les

agents de lutte antiémeute sont définis ainsi dans le manuel de médecine militaire de l'armée américaine :

Les agents de lutte antiémeute sont des composés qui entraînent une incapacité temporaire en provoquant une irritation des yeux ou un blépharospasme, qui les font se fermer, et une irritation des voies respiratoires supérieures. Ils sont souvent appelés irritants, agents irritants ou agents neutralisants ; le grand public parle généralement de gaz lacrymogènes<sup>25</sup>.

Le PAVA, une version synthétique de la capsicine oléorésineuse, est de plus en plus utilisé pour les activités de maintien de l'ordre car il est plus puissant que le produit naturel. Il existe toutes sortes de cartouches, grenades et de pulvérisateurs pour diffuser les agents de lutte antiémeute et les dernières études s'intéressent à de nouvelles méthodes comme des projectiles de type *paintball* remplis de PAVA, de capsicine oléorésineuse ou de poudre de CS, que peuvent lancer les systèmes PepperBall et FN 303. Les chercheurs du Defence Science and Technology Laboratory, au Royaume-Uni, travaillent à la mise au point d'un projectile frangible appelé *Discriminating Irritant Projectile* contenant de la poudre de CS.

La volonté des États-Unis d'utiliser des agents de lutte antiémeute pour d'autres cas que ceux autorisés pour le maintien de l'ordre suscite des inquiétudes. Avant le début de la guerre en Iraq, le Secrétaire à la défense, Donald Rumsfeld, a témoigné devant la Commission sénatoriale des forces armées, et reconnu que les États-Unis essayaient d'élaborer des règles d'engagement qui permettraient leur utilisation<sup>26</sup>. Par la suite, le Président Bush autorisa leur utilisation en Iraq dans certaines circonstances ; du gaz poivré et de l'agent CS furent donc expédiés dans le Golfe. Une telle décision est légale aux États-Unis en vertu du décret 11850, signé par le Président Ford en 1975, qui autorise l'utilisation d'agents de lutte antiémeute dans des conditions très précises comme dans « les situations de lutte antiémeute dans des zones sous le contrôle militaire direct et distinct des États-Unis, y compris pour maîtriser des prisonniers de guerre émeutiers » et dans « des situations dans lesquelles des civils sont utilisés pour dissimuler ou cacher des attaques et celles où les victimes civiles peuvent être réduites ou évitées »<sup>27</sup>. Il n'empêche que c'est illégal selon le droit international. L'article premier de la Convention sur les armes chimiques de 1993 stipule très clairement que « Chaque État partie s'engage à ne pas employer d'agents de lutte antiémeute en tant que moyens de guerre »<sup>28</sup>. Les agents de lutte antiémeute ne semblent pas avoir été utilisés dans le conflit en Iraq, mais l'intention de vouloir le faire constitue une menace sérieuse pour l'interdiction internationale contre l'emploi de produits chimiques dans une guerre.

Les produits malodorants sont des composés chimiques nauséabonds qui présentent un intérêt pour contrôler les foules, dégager des installations ou interdire l'accès à certaines zones. L'armée américaine considère que la mise au point de produits malodorants n'est pas limitée par la Convention sur les armes chimiques :

Les produits malodorants ne sont pas considérés comme des produits chimiques toxiques, puisqu'ils ne provoquent, et ne sont pas conçus spécialement pour provoquer, ni la mort, ni une incapacité temporaire, ni de dommages permanents sur les êtres humains ou les animaux<sup>29</sup>.

Le Council on Foreign Relations a pourtant publié un rapport sur les armes non létales qui précise que les produits malodorants sont « probablement aussi classés comme des agents de lutte antiémeute » et ne peuvent donc être utilisés dans la guerre<sup>30</sup>. S'agissant du maintien de l'ordre, un rapport récent du Gouvernement britannique stipule que « ... les produits malodorants ne semblent pas présenter le moindre avantage tactique par rapport aux incapacitants dont disposent déjà les forces de police »<sup>31</sup>.

### Les agents biochimiques incapacitants

L'un des aspects les plus controversés de la recherche-développement sur les armes non létales concerne les agents incapacitants, aussi appelés « agents immobilisants ». Ils diffèrent des agents de lutte antiémeute par leur mécanisme d'action. Les agents de lutte antiémeute sont des produits chimiques qui causent des irritations *locales* au niveau des yeux et d'autres muqueuses. Les agents incapacitants ont, pour leur part, des conséquences plus *générales* ; ils agissent sur les récepteurs cellulaires du système nerveux central et produisent des effets divers comme la sédation, la désorientation, l'inconscience ou la mort. À ce niveau, la frontière entre chimie et biologie se brouille car les substances qui peuvent agir sur des récepteurs cellulaires précis peuvent être d'origine chimique synthétique (les drogues ou produits chimiques toxiques) ou d'origine biologique naturelle (les biorégulateurs)<sup>32</sup>. Wheelis a qualifié ces substances d'*armes biochimiques* potentielles<sup>33</sup>.

#### LES QUESTIONS JURIDIQUES

Ces agents pouvant être utilisés dans des armes ne sont ni vraiment des agents chimiques « classiques » (les agents neurotoxiques, hémotoxiques et vésicants) ni des agents biologiques « classiques » (les bactéries, les virus et les rickettsies). Dans ce contexte, le tableau de Pearson sur l'éventail des armes chimiques et biologiques est intéressant (voir Tableau 2).

S'agissant des agents toxiques, les interdictions prévues par la Convention sur les armes chimiques et celles de la Convention sur les armes biologiques ou à toxines se recoupent. Les produits chimiques de synthèse comme le dérivé du fentanyl utilisé par les autorités lors de la prise d'otages du théâtre de Moscou en 2002 devraient être considérés comme des « produits chimiques pharmaceutiques industriels », et en tant que produits chimiques toxiques, ne sont visés que par la Convention sur les armes chimiques. Reste que la distinction entre cette catégorie et les « biorégulateurs » et « toxines » n'est pas évidente. Comme le souligne Wheelis, les analogues de biorégulateurs et de toxines sont visés par la Convention sur les armes biologiques ou à toxines. Il soutient que les analogues chimiques

Tableau 2 – L'éventail des armes chimiques et biologiques

Armes chimiques classiques	Produits chimiques pharmaceutiques industriels	Biorégulateurs Peptides	Toxines	Armes biologiques génétiquement modifiées	Armes biologiques classiques
Cyanure Phosgène Moutarde Agents neurotoxiques	Aérosols	Substance P Neurokinine A	Saxitoxine Ricine Toxine botulique	Virus et bactéries modifiés ou adaptés	Bactéries Virus Rickettsies Anthrax Peste Tularémie
← Convention sur les armes chimiques →			← Convention sur les armes biologiques ou à toxines →		
← Empoisonnement →			← Contamination →		

Source : G. Pearson, 2002, « Relevant Scientific And Technological Developments For The First CWC Review Conference: The BTWC Review Conference Experience », *CWC Review Conference Paper No. 1*, Département d'études sur la paix, Université de Bradford.

de synthèse qui se lient aux mêmes sites de récepteurs cellulaires dans l'organisme que les ligands naturels (autrement dit, les biorégulateurs) sont donc aussi visés par cette convention. Cette « double portée » est importante ; ceux qui seraient tentés de développer de tels agents ne devraient pas pouvoir profiter de la faille de la Convention sur les armes chimiques qui permet l'utilisation de certains produits chimiques pour le « maintien de l'ordre et notamment pour les activités internes de lutte antiémeute ». Cette précision est particulièrement importante vu les différentes interprétations qui sont faites de la définition des agents de lutte antiémeute dans la Convention sur les armes chimiques et ses dispositions sur les situations pouvant permettre le recours à de tels agents.

## LA LÉTALITÉ

Les agents incapacitants actuellement disponibles et les vecteurs connexes ne peuvent être considérés comme des agents de lutte antiémeute, qui sont définis par la Convention sur les armes chimiques comme étant :

Tout produit chimique qui n'est pas inscrit à un tableau et qui peut provoquer rapidement chez les êtres humains une irritation sensorielle ou une incapacité physique *disparaissant* à bref délai après qu'a cessé l'exposition<sup>34</sup>. [non souligné dans l'original]

La réversibilité des effets, avec l'absence d'action nuisible permanente sur la victime, peut être considérée comme un aspect essentiel de toute arme non létale dirigée contre des êtres humains. Un modèle mis au point par Klotz et al. laisse à penser qu'aucun agent existant n'en serait capable<sup>35</sup>. Les nouveaux composés présenteront certainement les mêmes problèmes. Si un composé est extrêmement puissant, il aura probablement une cote de sécurité très faible. À l'inverse, un composé ayant une bonne cote de sécurité aura certainement un long délai de réaction ou ne sera pas assez puissant. Ce problème fut illustré de manière dramatique par l'intervention des autorités russes pour mettre fin à la prise d'otages du théâtre de Moscou en utilisant, sous forme d'aérosol, un dérivé du fentanyl, très certainement du carfentanil<sup>36</sup>, provoquant la mort d'au moins 120 des 800 otages. Ces personnes succombèrent des suites d'une dépression respiratoire qui est l'effet secondaire majeur de l'agent employé. Même avec un composé « idéal » (cote de sécurité élevée et forte puissance), la « non-létalité » serait difficile. En effet, comment exposer tous les individus d'une zone donnée à une dose sûre, mais efficace, en dépit des différences d'âge, de taille, de santé et des problèmes de concentrations inégales et d'absorption cumulative<sup>37</sup> ?

## LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Les neurotransmetteurs influent sur la transmission chimique dans le système nerveux en interagissant avec des récepteurs particuliers. Dans le système nerveux central, ces interactions entre neurotransmetteurs et récepteurs jouent un rôle considérable pour réguler la conscience, l'humeur, l'anxiété, la perception et la connaissance. Le Tableau 3 décrit certains des effets cliniques des neurotransmetteurs.

Les neurotransmetteurs présentent un intérêt particulier dans le cadre de cette discussion en raison de leur site d'action, les récepteurs neuronaux, qui sont précisément les cibles visées par les agents proposés comme incapacitants non létaux. Une étude portant sur d'éventuels agents incapacitants, les définit comme des « composés connus pour déprimer ou inhiber le fonctionnement du système nerveux central » – et laisse entendre qu'ils pourraient « inclure des agents sédatifs-

hypnotiques, des agents anesthésiques, des relaxants musculaires, des analgésiques opioïdes, des anxiolytiques, des antipsychotiques, des antidépresseurs et certaines drogues faisant l'objet d'abus »<sup>38</sup>.

Cette même étude préconise des partenariats entre les concepteurs d'armes et les industries phar-

maceutiques et biotechnologiques pour identifier de nouveaux agents incapacitants. L'industrie pharmaceutique concentre déjà une partie de ses recherches sur la mise au point de médicaments plus efficaces pour soigner différentes maladies mentales, et nombre des récepteurs visés sont les mêmes que ceux auxquels s'intéressent les concepteurs d'incapacitants. De plus, les techniques permettant la découverte de nouveaux composés ont connu des avancées considérables depuis quelques années.

**Tableau 3 – Les effets cliniques des neurotransmetteurs**

Catégorie de biorégulateurs	Agent	Effets cliniques
Neurotransmetteurs	Catécholamines	Altération de l'état de conscience, modifications du comportement psychique, anxiété, hypertension, tachycardie et dysfonctionnement sexuel
	Acides aminés	Effets sur l'apprentissage, la mémoire, le processus cognitif et sensibilité à la douleur
	Neuropeptides	Effets sur les processus cognitif et sensoriel

Source : E. Kagan, 2001, « Bioregulators as Instruments of Terror », *Clinics in Laboratory Medicine*, vol. 21, n° 3, p. 607 à 618.

#### L'INTÉRÊT DES FORCES MILITAIRES ET DE CELLES CHARGÉES DU MAINTIEN DE L'ORDRE

L'armée s'intéresse depuis longtemps aux agents incapacitants. Le glycolate (agent BZ) fut préparé à des fins militaires par les États-Unis dans les années 60 dans le cadre de leur programme d'armement chimique et des rapports affirment que l'ex-Union soviétique avait mis au point un dérivé du BZ comme arme incapacitante. Le programme iraquien d'armement chimique aurait comporté un composé du glycolate connu sous le nom d'agent 15. L'utilisation d'agents biologiques a également été envisagée pour des armes incapacitantes plutôt que létales<sup>39</sup>.

Aux États-Unis, les recherches militaires dans ce domaine sont coordonnées par le Joint Non-Lethal Weapons Directorate (JNLWD) et des recommandations préconisent davantage de recherches sur les incapacitants et leurs vecteurs<sup>40</sup>. Le projet d'investissement technologique du JNLWD pour « une analyse initiale des produits chimiques non létaux » pour l'exercice budgétaire 2001-2002 prévoyait notamment les objectifs suivants : « ... recenser les progrès enregistrés dans l'industrie pharmaceutique et ailleurs pour d'éventuelles applications non létales ; organiser des séminaires pour les utilisateurs militaires afin d'identifier l'ampleur des effets opérationnels souhaités ; créer une base de données sur les produits potentiels ; proposer une liste de ces produits au cabinet du procureur général aux forces armées pour un examen juridique préliminaire »<sup>41</sup>.

Le Defense Science Board du Pentagone note dans un rapport de 2004 intitulé *Future Strategic Strike Forces* que :

Les agents incapacitants peuvent être envisagés dans des situations qui sont autrement très délicates et dans lesquelles la neutralisation des individus permettrait le succès d'une mission ; la principale difficulté technique est de trouver le juste équilibre entre l'efficacité voulue (pour « calmer » les cibles) et les marges de sécurité (pour éviter les risques de surexposition et que des passants neutres n'en soient victimes). Les implications des traités sont nombreuses<sup>42</sup>.

Des activités de recherche-développement n'interviennent pas uniquement aux États-Unis. Comme l'ont montré les événements de Moscou, la Russie dispose clairement d'un programme dans ce domaine et d'autres pays en font peut-être autant. Les autorités britanniques ont déclaré récemment qu'aucun type d'agent (qu'il s'agisse d'agents de lutte antiémeute ou d'agents incapacitants) ne serait utilisé dans des opérations militaires en raison des obligations qui leur incombent en vertu de la Convention sur les armes chimiques<sup>43</sup>. Elles hésitent aussi à autoriser l'utilisation d'agents incapacitants (plutôt que des agents de lutte antiémeute) pour les activités de maintien de l'ordre :

La décision d'utiliser une substance pour provoquer un état d'inconscience calme ou profonde implique de connaître les antécédents médicaux du sujet, et notamment l'utilisation de tout médicament prescrit ou non, ainsi que toute information pertinente sur l'état de santé de la personne. Une telle décision entraîne aussi une responsabilité considérable en termes d'assistance immédiate et de suivi après l'incident<sup>44</sup>.

## LES CONSÉQUENCES

Si de nouveaux agents biochimiques sont mis au point sous prétexte d'être utilisés comme agents non létaux pour provoquer une incapacité, ils figureront probablement bientôt sur la liste des agents susceptibles d'être utilisés dans des armes chimiques ou biologiques. La mise au point de tels agents est « à double tranchant »<sup>45</sup>. De telles recherches risquent de légitimer la mise au point d'armes offensives, ce qui est interdit à la fois par la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines.

### *Les technologies combinées*

Une tendance importante dans la mise au point d'armes non létales consiste à combiner différentes technologies. Parmi les systèmes actuels, citons par exemple les projectiles frangibles de type *paintball* (cinétique et chimique) et les canons à eau (cinétique et chimique ou électrique). Les activités de recherche-développement sur les armes électriques sans fil tentent de combiner les technologies électriques et celles de l'énergie dirigée. Des mousses aqueuses peuvent servir de barrières et être en même temps incapacitantes avec des agents chimiques.

***Une tendance importante dans la mise au point d'armes non létales consiste à combiner différentes technologies.***

Les systèmes tels que le *Multi-Sensory Grenade* ou le *Clear-A-Space Device* utilisent la lumière, le son et des produits malodorants pour terrasser une personne ou un groupe. Il existe aussi des dispositifs aveuglants et assourdissants (*flash-bang*) qui associent une lumière très vive à des niveaux sonores douloureux. L'idée d'incapacité « multisensorielle » est un critère utilisé aujourd'hui dans la mise au point de certaines armes qui visent les cinq sens de l'être humain (la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher) ainsi que les capacités motrices et cognitives. Depuis la conclusion du Traité d'Ottawa (1997), qui interdit l'emploi, la mise au point, la production, le stockage et le transfert de mines antipersonnel, les recherches sur les possibilités non létales se sont accélérées. Toute une série de mines sont aujourd'hui mises au point<sup>46</sup> et notamment des mines capables de projeter des filets collants, des dispositifs électriques neutralisants (mines terrestres Taser), des petites balles en caoutchouc (de type Claymore), des incapacitants chimiques ou une combinaison de ces différents éléments.

## Les vecteurs

L'efficacité opérationnelle des armes non létales nécessite qu'elles visent avec précision leur cible et soient lancées avec des vecteurs précis. L'accent est donc mis sur la conception de vecteurs plus efficaces pour les tirer à des distances de sécurité plus grandes et viser la cible avec plus de précision. Des munitions perfectionnées sont mises au point pour lancer des agents chimiques et les disperser au plus près de la cible tout en limitant les risques de lésions dus à l'étui des munitions. Des projectiles à capsules, comme les capsules frangibles de type *paintball*, sont déjà utilisés par les services chargés du maintien de l'ordre pour lancer du PAVA ou capsicine oléorésineuse. La technique de la micro-encapsulation a été proposée pour toute une série de substances chimiques car elle présente l'avantage de permettre une libération contrôlée ou à distance d'une substance donnée, ou de conserver dans des compartiments distincts les composants multiples de certains systèmes. Différents mécanismes permettent une diffusion retardée de la matière contenue dans une capsule : il peut s'agir d'une libération thermique, hydraulique ou photolytique, ou d'une rupture mécanique. L'armée américaine utilise de plus en plus de drones pour ses opérations. Il existe d'autres systèmes automatiques, comme des engins nautiques de surface, des véhicules sous-marins ou des véhicules terrestres. Les plateformes sans personnel, qui avaient été conçues principalement pour des activités de détection, de surveillance ou de tir d'armes létales, sont aujourd'hui considérées comme présentant un immense potentiel pour tirer des armes non létales à de grandes distances de sécurité.

## Les conséquences sur la santé

Nous avons déjà évoqué certains des effets des armes non létales sur la santé. Les besoins opérationnels urgents semblent souvent être prioritaires par rapport à une évaluation des technologies des armes non létales. Par exemple, dans le cas du Taser, le National Research Council précise dans son rapport sur les armes non létales que « le mécanisme d'action n'est pas bien étudié, mais les dispositifs commerciaux sont efficaces »<sup>47</sup>. Une étude a examiné les documents librement accessibles sur les effets de sept technologies différentes d'armes non létales (armes acoustiques, filets, grenades à main non létales traumatisantes, lasers d'aveuglement, produits malodorants, projectiles non pénétrants et capsicine oléorésineuse) pour élaborer un modèle permettant de comprendre les effets des armes non létales sur les êtres humains. La qualité des documents disponibles a empêché toute conclusion sur les effets des armes non létales :

... empiriquement parlant, la plupart des études n'étaient pas de nature scientifique, y compris celles qui se prétendaient objectives et contrôlées. Il est souvent difficile d'extrapoler quels tests furent réalisés pour évaluer chaque technologie, ce qui était mesuré et, sur un plan quantitatif, les effets constatés<sup>48</sup>.

En 1999, le Joint Non-Lethal Weapons Directorate (JNLWD) a instauré une équipe d'action qui a préconisé la création d'un comité d'examen (HERB) chargé d'étudier les conséquences des armes non létales sur la santé et de faire des recommandations, et celle d'un centre d'excellence (HECOE) pour analyser les effets de ces armes sur la santé. Ils ont été créés en 2000<sup>49</sup>. L'étude du National Research Council a découvert que « HECOE n'est pas financé pour des activités de recherche fondamentale sur les effets sur les êtres humains. En fait, il n'est prévu à aucun stade de ce processus de réaliser de telles recherches »<sup>50</sup>.

D'autres groupes étudient aussi les effets des armes non létales sur l'homme. Le Groupe consultatif sur les effets sur l'être humain est un groupe d'experts constitué en 1998 par l'Institute for

Non-Lethal Defense Technologies (INLDT), de l'Université de l'État de Pennsylvanie, sous contrat avec le JNLWD, pour présenter des avis sur la question des effets sur l'être humain<sup>51</sup>. L'INLDT et le JNLWD mènent, en étroite collaboration, des activités de recherche-développement sur les armes. L'OTAN a un comité qui travaille sur cette question (Human Factors and Medicine Panel) ; il devrait présenter, fin 2004, son rapport sur les effets des technologies non létales sur les êtres humains<sup>52</sup>.

## Conclusion

Nous avons vu que l'armée et les forces de police sont intéressées par des armes qui ont une capacité rhéostatique, autrement dit qui peuvent être aussi bien létales que non létales. Un certain nombre d'armes non létales décrites dans cet article ont de toute évidence cette capacité. Dans le même temps, les armes existantes sont adaptées pour pouvoir être à double usage. Ainsi, l'armée américaine a mis au point un *Lightweight Shotgun* qui peut être accroché sous un fusil automatique ou utilisé comme arme seule. Il peut tirer des munitions létales ou non létales et a déjà été utilisé en Afghanistan<sup>53</sup>. Des progrès rapides sont enregistrés au niveau des vecteurs capables de lancer des armes non létales avec plus de précision et avec des distances de sécurité plus grandes ; la mise au point et l'utilisation de véhicules sans pilote et de munitions aériennes est, à ce niveau, un facteur important. Si l'arme électrique incapacitante Taser a été un « succès », avec des milliers de modèles vendus dans le monde aussi bien à des utilisateurs civils que militaires, les analystes s'inquiètent du nombre de décès liés à leur utilisation et de l'absence d'études scientifiques indépendantes pour en évaluer les effets sur la santé<sup>54</sup>. Même si certaines des autres technologies plus récentes commencent à faire l'objet d'essais sur le terrain (comme le LRAD et l'ADS), les armes non létales plus anciennes sont les plus utilisées. S'agissant de l'armée cela peut s'expliquer par différents facteurs et notamment par les doutes qui pèsent sur l'utilité réelle des armes non létales dans les combats. Comme le souligne un rapport récent du Council on Foreign Relations :

La question reste posée : quelle est la position du Département de la défense et des forces armées sur l'acquisition et l'intégration de ces capacités ? Peu d'éléments laissent à penser que les hauts fonctionnaires du Département de la défense ont saisi l'intérêt et les applications évolutives des armes non létales pour l'ensemble des types de conflits. Malgré les succès rencontrés à petite échelle, les armes non létales ne sont pas encore courantes dans la logique de défense et l'approvisionnement<sup>55</sup>.

Un autre facteur est la possibilité pour les forces d'opposition de mettre rapidement au point des paradés.

Nous voudrions plus particulièrement insister sur les dangers que représentent les armes biochimiques incapacitantes : aussi bien les agents existants qui ne correspondent pas à la définition de « non léthal » et les agents qui pourraient être mis au point pour frapper d'incapacité, endommager le système nerveux, modifier le comportement psychique, susciter des changements psychologiques et même tuer<sup>56</sup>. Il faut s'opposer à ceux qui souhaiteraient que cette nouvelle génération d'armes entre dans la catégorie des armes non létales car cela pourrait laisser penser qu'elles sont « acceptables ». Elles doivent être considérées comme des armes qui, si elles sont mises au point et déployées, seraient en infraction par rapport aux interdictions internationales définies par la Convention sur les armes chimiques et la Convention sur les armes biologiques ou à toxines. Le groupe d'étude soutenu par le Council of Foreign Relations a reconnu les dangers très graves que représente la mise au point de telles armes :

La recherche non militaire dans les domaines de la biologie et de la médecine conduiront à des connaissances qui pourront faciliter considérablement la mise au point, la production

et l'utilisation d'agents biologiques et chimiques à des fins essentiellement non létales, mais aussi létales. Il n'empêche que la recherche axée sur les armes non létales précipiter le jour où ces connaissances seront disponibles non seulement pour les États-Unis, mais aussi pour ceux qui seraient susceptibles de les utiliser contre nous<sup>57</sup>.

## Notes

1. J. Alexander, 1999, *Future War. Non-Lethal Weapons In 21<sup>st</sup> Century Warfare*, New York, St Martin's Press ; J.B. Alexander, 2003, *Winning the War: Advanced Weapons, Strategies, and Concepts for the Post-9/11 World*, New York, St. Martin's Press ; M. Dando, 1996, *A New Form of Warfare: The Rise of Non-Lethal Weapons*, Londres, Brasseys ; N. Lewer et S. Schofield, 1997, *Non-Lethal Weapons. A Fatal Attraction? Military Strategies and Technologies for 21st Century Conflict*, Londres, Zed Books ; N. Lewer (sous la direction de), 2002, *The Future of Non-Lethal Weapons. Technologies, Operations, Ethics and Law*, Londres, Frank Cass ; D. Morehouse, 1996, *Nonlethal Weapons. War Without Death*, Westport, Praeger ; B. Rappert, 2003, *Non-lethal Weapons as Legitimizing Forces?*, Londres, Frank Cass ; National Research Council, 2003, *An Assessment of Non-lethal Weapons Science and Technology*, Washington DC, National Academies Press, à l'adresse <[books.nap.edu/openbook/0309082889/html/index.html](http://books.nap.edu/openbook/0309082889/html/index.html)>. Pour des informations à jour, voir les *Bradford Non-Lethal Weapons Research Project Reports*, <[www.brad.ac.uk/acad/nlw/research\\_reports/](http://www.brad.ac.uk/acad/nlw/research_reports/)>.
2. National Research Council, 2003, op. cit.
3. Omega Foundation, 2003, *Baton Rounds: A Review of the Human Rights Implications of the Introduction and Use of the L21A1 Baton Round in Northern Ireland and Proposed Alternatives to the Baton Round*, Belfast, Northern Ireland Human Rights Commission.
4. N. Eisenreich, J. Neutz et K.-D. Thiel, 2003, *Novel Barriers (-Systems) as Non-Lethal Weapons*, actes du 2<sup>e</sup> symposium européen sur les armes non létales, 13-14 mai 2003, Groupe de travail européen sur les armes non létales, Allemagne.
5. G. Shawaery, 2003, *Leveraging Non-Lethal Technology Research in Academia*, actes du 2<sup>e</sup> symposium européen sur les armes non létales, 13-14 mai 2003, Groupe de travail européen sur les armes non létales, Allemagne.
6. Amnesty International, 2003, *The Pain Merchants. Security Equipment And Its Use In Torture and Other Ill Treatment*, London, Amnesty International, à l'adresse <[web.amnesty.org/library/Index/ENGACT400082003](http://web.amnesty.org/library/Index/ENGACT400082003)>.
7. Voir aussi S. Wright, 2002, « The Role of Sub-Lethal Weapons in Human Rights Abuse », dans N. Lewer (sous la direction de), *The Future of Non-Lethal Weapons. Technologies, Operations, Ethics and Law*, Londres, Frank Cass, p. 75 à 86 ; et B. Martin et S. Wright, 2003, « Countershock: Mobilizing Resistance to Electroshock Weapons », *Medicine, Conflict & Survival*, vol. 19, p. 205 à 222.
8. Northern Ireland Office, 2002, *Patten Report Recommendations 69 and 70 Relating To Public Order Equipment. A Research Programme into Alternative Policing Approaches Towards the Management of Conflict. Third Report prepared by the Steering Group led by the Northern Ireland Office, in consultation with the Association of Chief Police Officers*, Belfast, Northern Ireland Office, à l'adresse <[www.nio.gov.uk/alternatives\\_to\\_baton\\_rounds\\_phase\\_3\\_report.pdf](http://www.nio.gov.uk/alternatives_to_baton_rounds_phase_3_report.pdf)>.
9. D. Hambling, 2004, « Stun weapons to target crowds », *New Scientist*, 19 juin, p. 24.
10. General Dynamics, 2002, *Long Range Acoustic Device (LRAD)*, fiche produit.
11. J. Altman, 2001, « Acoustic Weapons—A Prospective Assessment », *Science & Global Security*, vol. 9, p. 165 à 234.
12. M. Sella, 2003, « The Sound of Things to Come », *New York Times*, 23 mars.
13. CNN, 2004, « Troops get high tech noisemaker », *CNN.com*, 3 mars, à l'adresse <[edition.cnn.com/2004/TECH/ptech/03/03/sonic.weapon.ap/](http://edition.cnn.com/2004/TECH/ptech/03/03/sonic.weapon.ap/)>.
14. C. Miller, 2004, « Can a Crying Baby Stop a Riot? », *Law Enforcement Technology*, vol. 31, n° 3, p. 8.
15. W. Arkin, 2004, « The Pentagon's Secret Scream: Sonic Devices that Can Inflict Pain—or Even Permanent Deafness—Are Being Deployed », *Los Angeles Times*, 7 mars.
16. États-Unis, Government Accountability Office, 2004, *Uncertainties Remain Concerning the Airborne Laser's Cost and Military Utility*, Washington DC, Government Accountability Office, GAO-04-643R.
17. Corps des Marines des États-Unis, 1998, *Joint Concept for Non-Lethal Weapons*, disponible à l'adresse <[www.mccdc.usmc.mil/futures/concepts/jnlw.pdf](http://www.mccdc.usmc.mil/futures/concepts/jnlw.pdf)>.
18. G. Allison, P. Kelley et R. Garwin, 2004, *Nonlethal Weapons and Capabilities*, rapport d'un groupe d'étude soutenu par le Council on Foreign Relations, New York, p. 14.
19. M.R. Murphy et al., 2003, *Bio-effects Research in support of the Active Denial System (ADS)*, actes du 2<sup>e</sup> symposium européen sur les armes non létales, 13-14 mai 2003, Groupe de travail européen sur les armes non létales, Allemagne.

20. M. Regan, 2004, « Military embrace of 'non-lethal' energy weapons sparks debate », *Associated Press*, 2 août.
21. M. Abrams, 2003, « The Dawn of the E-Bomb », *IEEE Spectrum Online*, à l'adresse <[www.spectrum.ieee.org/](http://www.spectrum.ieee.org/)>.
22. Armée des États-Unis d'Amérique, 2004, *Army FY04.3 SBIR Solicitation Topics*, voir la description à l'adresse <[www.dodsbir.net/solicitation/sbir043/osd043.htm](http://www.dodsbir.net/solicitation/sbir043/osd043.htm)>.
23. National Research Council, 2003, op. cit.
24. Ibid.
25. F. Sidell, 1997, « Riot Control Agents », dans *Textbook of Military Medicine: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*, Office of the Surgeon General, Department of the Army, voir <[www.vnh.org/MedAspChemBioWar/chapters/chapter\\_12.htm](http://www.vnh.org/MedAspChemBioWar/chapters/chapter_12.htm)>.
26. D. McGlinchey, 2003, « United States: Rumsfeld Says Pentagon Wants Use of Nonlethal Gas », *Global Security Newswire*, 6 février, à l'adresse <[www.nti.org/d\\_newswire/issues/thisweek/2003\\_2\\_6\\_chmw.html#2](http://www.nti.org/d_newswire/issues/thisweek/2003_2_6_chmw.html#2)>.
27. États-Unis, 1975, *Executive Order 11850*, 8 avril, à l'adresse <[www.archives.gov/federal\\_register/codification/executive\\_order/11850.html](http://www.archives.gov/federal_register/codification/executive_order/11850.html)>.
28. *Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction*, à l'adresse <<http://disarmament2.un.org/wmd/cwc/cwctext-french.pdf>>.
29. National Research Council, 2003, op. cit.
30. G. Allison, P. Kelley et R. Garwin, 2004, op. cit.
31. Northern Ireland Office, 2004, *Patten Report Recommendations 69 and 70 Relating To Public Order Equipment. A Research Programme Into Alternative Policing Approaches Towards The Management of Conflict. Phase Four Report*, Belfast, Northern Ireland Office, par. 63, à l'adresse <[www.nio.gov.uk/phase\\_4\\_report\\_on\\_baton\\_rounds.pdf](http://www.nio.gov.uk/phase_4_report_on_baton_rounds.pdf)>.
32. Dans le cas du système nerveux central, les neurotransmetteurs sont les principaux biorégulateurs qui touchent les récepteurs cellulaires.
33. M. Wheelis, 2002, « Biotechnology and Biochemical Weapons », *The Nonproliferation Review*, vol. 9, n° 1.
34. Convention sur les armes chimiques, op. cit.
35. L. Klotz, M. Furmanski et M. Wheelis, 2003, *Beware the Siren's Song : Why "Non-Lethal" Incapacitating Chemical Agents are Lethal*, à l'adresse <[http://www.armscontrolcenter.org/cbw/old/papers/sirens\\_song.pdf](http://www.armscontrolcenter.org/cbw/old/papers/sirens_song.pdf)>.
36. T. Stanley, 2003, « Human Immobilization: Is the Experience in Moscow just the Beginning? », *European Journal of Anaesthesiology*, vol. 20, n° 6, p. 427 à 428.
37. Federation of American Scientists Working Group on Biological Weapons, 2003, *Position Paper: Chemical Incapacitating Weapons Are Not Non-Lethal*, Washington DC, Federation of American Scientists, à l'adresse <[www.armscontrolcenter.org/cbw/papers/pp/pp\\_chemical\\_incapacitants.pdf](http://www.armscontrolcenter.org/cbw/papers/pp/pp_chemical_incapacitants.pdf)>.
38. J. Lakoski, W. Bosseau Murray et J. Kenny, 2000, *The Advantages and Limitations of Calmatives for Use as a Non-Lethal Technique*, College of Medicine, Applied Research Laboratory, Université de l'État de Pennsylvanie, disponible à <[www.sunshine-project.org/incapacitants/jnlwdpdf/psucalm.pdf](http://www.sunshine-project.org/incapacitants/jnlwdpdf/psucalm.pdf)>.
39. J. Tucker, 1999, « Biological Weapons In The Former Soviet Union: An Interview With Dr. Kenneth Alibek », *The Nonproliferation Review*, vol. 6, n° 3, printemps-été, à l'adresse <[cns.miis.edu/pubs/npr/vol06/63/alibek63.pdf](http://cns.miis.edu/pubs/npr/vol06/63/alibek63.pdf)>.
40. National Research Council, 2003, op. cit.
41. États-Unis, Joint Non-Lethal Weapons Directorate, 2001, *Front End Analysis for Non-Lethal Chemicals*, Quantico, Joint Non-Lethal Weapons Directorate.
42. États-Unis, Département de la défense, 2004, *Future Strategic Strike Forces*, p. 7-12, à l'adresse <<http://www.fas.org/irp/agency/dod/dsb/fssf.pdf>>.
43. Royaume-Uni, Ministère de la défense, 2003, *Defence Secretary and the Chief of the Defence Staff: Press Conference at the Ministry of Defence*, Londres, 27 mars 2003.
44. Northern Ireland Office, 2004, op. cit.
45. Voir, par exemple, R.M. Coupland, 2003, « Incapacitating Chemical Weapons: a Year After the Moscow Theatre Siege », *The Lancet*, vol. 362, p. 1346 ; M. Wheelis, 2003, « "Nonlethal" Chemical Weapons: A Faustian Bargain », *Issues in Science and Technology*, printemps ; M. Meselson et J. Perry Robinson, 2003, « "Non-Lethal" Weapons and Implementation of the Chemical and Biological Weapons Convention, 20th Pugwash Workshop Study Group on the Implementation of the CBW Conventions: The BWC Intersessional Process towards the Sixth Review Conference and Beyond », Genève, Suisse, 8-9 novembre 2003.
46. Landmine Action, 2001, *Alternative anti-personnel mines: The next generations*, Londres, Landmine Action, <[www.landmine.de/fix/english\\_report.pdf](http://www.landmine.de/fix/english_report.pdf)>.
47. National Research Council, 2003, op. cit.
48. H. Griffioen-Young, 2003, *Effects of Non-Lethal Weapons on Humans*, actes du 2<sup>e</sup> symposium européen sur les armes non létales, 13-14 mai 2003, Groupe de travail européen sur les armes non létales, Allemagne.
49. Voir S. Le Vine, 2002, *Human Effects and NLW Acceptability*, présentation lors de la 5<sup>e</sup> conférence sur la défense non létale, 26-28 mars 2002, National Defense Industrial Association, États-Unis ; et National Research Council, 2003, op. cit.
50. National Research Council, 2003, op. cit.

51. Voir J. Kenny, 2000, *Human Effects Advisory Panel Program*, présentation lors de la 4<sup>e</sup> conférence sur la défense non létale, 20-22 mars 2000, National Defense Industrial Association, États-Unis ; et National Research Council, 2003, op. cit.
52. Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2003, *NATO Research & Technology Organisation, Human Factors and Medicine Panel*, OTAN, à l'adresse <[www.rta.nato.int/hfm.htm](http://www.rta.nato.int/hfm.htm)>.
53. H. Kennedy, 2004, « Lightweight Shotgun Deploys to Afghanistan », *National Defense Magazine*, février, à l'adresse <[www.nationaldefensemagazine.org/article.cfm?id=1344](http://www.nationaldefensemagazine.org/article.cfm?id=1344)>.
54. *Bradford Non-Lethal Weapons Research Project Reports*, voir <[www.brad.ac.uk/acad/nlw/research\\_reports/](http://www.brad.ac.uk/acad/nlw/research_reports/)>.
55. G. Allison, P. Kelley et R. Garwin, 2004, op. cit., p. 8.
56. Voir S. Bokan, J. Breen et Z. Orehovec, 2002, « An Evaluation of Bioregulators as Terrorism Warfare Agents », *The ASA Newsletter*, n° 90 ; S. Bokan, 2004, « A New Breed of Weapons—Turning the Body Against Itself », *Resilience*, n° 1 (printemps) ; et J. Petro, T. Plasse et J. McNulty, 2003, « Biotechnology: Impact on Biological Warfare and Biodefense », *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*, vol. 1, n° 3, p. 161 à 168.
57. G. Allison, P. Kelley et R. Garwin, 2004, op. cit.



## Les armes biologiques et les sciences de la vie : les possibilités de codes professionnels

Brian RAPPERT

Deux questions évoquées dans ce numéro du *New Scientist* [...] rappellent un thème récurrent dans nos pages. À savoir, la responsabilité du scientifique à l'égard de la société pour les nouvelles énergies, souvent redoutables, qu'il produit dans son laboratoire. [...] Au fil de l'histoire civilisée, il a été admis que certains groupes, qui exercent une influence et un pouvoir particuliers au sein de la communauté, se doivent, pour le bien commun, de respecter certaines règles et d'accepter certaines limitations et restrictions. [...] Sauf dans quelques cas particuliers, les scientifiques en tant que groupe ne disposent pas d'un tel droit corporatif pour aider l'individu à agir dans un sens qui préserve la santé et la réputation de tous. [...] À moins que des principes de conduite ne soient définis pour les hommes et les femmes qui manipulent les matières de la nature, l'anarchie se développera, et avec l'anarchie, le désastre.

Telle était la position du *New Scientist*, en février 1968, dans un éditorial intitulé : « Wanted—A Code of Conduct »<sup>1</sup>. Cette citation permet de rappeler l'intérêt de longue date que suscite l'idée d'un code de conduite pour les scientifiques<sup>2</sup> et l'importance de la menace des armes biologiques. Sous leur forme la plus simple, les codes permettent de formaliser des pratiques courantes ou idéales. Récemment, suite aux préoccupations croissantes que suscitent les possibilités d'applications aussi bien civiles que militaires de la biologie moléculaire, des neurosciences et de l'immunologie, les appels pour un code de conduite se sont de nouveaux intensifiés. L'adoption d'un code pourrait compléter les régimes habituels de maîtrise des armements au niveau international ou représenter une alternative intéressante.

Cet article fait rapidement le point sur les initiatives actuelles visant à définir un code lié à la question des armes biologiques. L'idée est de souligner la diversité des codes proposés. Les enseignements tirés d'une analyse plus générale des différents codes professionnels permettent d'illustrer les problèmes et les possibilités liés à l'adoption d'un code sur les armes biologiques. L'ébauche d'une « matrice de code » est ensuite présentée pour évoquer toute une série d'activités pouvant être réalisées dans le cadre d'un code. Enfin, cet article propose le contenu d'un code de conduite et en expose la logique. L'objectif est d'avancer des idées pouvant être examinées dans le cadre du programme de travail de 2005 pour la Convention sur les armes biologiques ou à toxines.

---

Brian Rappert est maître de conférences au Département de sociologie et de philosophie à l'Université d'Exeter (Royaume-Uni). Les travaux qui sous-tendent cet article ont été financés par le UK Economic and Social Research Council (ESRC) New Security Challenges Programme (RES-223-25-0053). Pour une version plus approfondie de cette argumentation, voir B. Rappert, *Towards a Life Science Code: Countering the Threats from Biological Weapons*, Bradford Briefing Paper, n° 13, septembre 2004.

## Les codes sur les armes biologiques aujourd'hui

Depuis 2001, en raison de l'inquiétude croissante que suscitent les menaces d'utilisation d'armes biologiques, de nombreux gouvernements, organisations non gouvernementales et associations professionnelles ont avancé l'idée qu'un « code de conduite », parallèle à d'autres initiatives, pourrait être utile<sup>3</sup>. L'encadré 1 reprend différents appels lancés en ce sens. En outre, l'adoption d'un code figure à l'ordre du jour de plusieurs institutions clefs. En 2005, « le contenu, la promulgation et l'adoption de codes de conduite pour les scientifiques » seront discutés dans le cadre de la rencontre annuelle des

### Encadré 1 – Un code de conduite sur les armes biologiques pourrait :

Comporter « des normes générales de sûreté et d'éthique pour éviter tout conflit d'intérêts, et tout risque de plagiat, de parti pris ou de déformation dans les éléments publiés ou enregistrés [ainsi que d'éléments spécifiques] sur des questions de sûreté et de sécurité comme la manipulation de matières potentiellement dangereuses [...] Les règles de bonne pratique devraient aussi inclure la responsabilité des scientifiques d'être au courant des dispositions des conventions et des traités dans leur domaines de recherche et de s'y conformer. Il faut pour cela que les institutions de recherche et d'enseignement mettent en place les mesures adaptées pour leur permettre de respecter ces exigences ».

—British Royal Society, 2004, *The Individual and Collective Roles Scientists can Play in Strengthening International Treaties*, avril

... « prévenir la participation de chercheurs ou de spécialistes travaillant dans le secteur de la défense à des activités terroristes et de limiter ainsi l'accès aux informations et connaissances sur la mise au point, la production, le stockage et l'utilisation d'armes de destruction massive ou de technologies connexes ».

— Groupe de réflexion sur les implications du terrorisme pour les politiques de l'ONU, 2002, *Mesures visant à éliminer le terrorisme international- Annexe*

... être établi pour « ceux qui travaillent avec des organismes pathogènes [et] devrait souligner qu'il est de la responsabilité des scientifiques, des cliniciens et du personnel de laboratoire d'éviter que de tels organismes soient diffusés, de manière accidentelle ou délibérée, dans l'environnement. Un tel code pourrait s'inscrire dans une approche pluridimensionnelle pour promouvoir une manipulation et une utilisation responsables des micro-organismes pathogènes ».

—Département d'État américain, 2001, *New Ways to Strengthen the International Regime Against Biological Weapons*, octobre

... être instauré comme un moyen « d'autodiscipline pour les scientifiques qui travaillent avec des toxines et des pathogènes dangereux ».

—Wellcome Trust, 2003, *Position Statement on Bioterrorism and Biomedical Research*

« être élaboré par des organismes professionnels et académiques afin de définir, au niveau international, des normes pour les travaux liés aux interdits fixés par la Convention. De tels codes pourraient comporter, entre autres, une déclaration précisant que les scientifiques utiliseront leurs compétences et leurs connaissances dans l'intérêt des êtres humains, des animaux et des plantes et ne mèneront pas d'activités visant l'utilisation de micro-organismes, de toxines ou d'autres agents biologiques à des fins hostiles ou dans un conflit armé ».

—Ministère britannique des affaires étrangères, 2002, *Strengthening the Biological and Toxin Weapons Convention*, avril

États parties à la Convention sur les armes biologiques ou à toxines. Aux États-Unis, le National Science Advisory Board for Biosecurity a défini, comme l'un de ses objectifs prioritaires, l'élaboration de « codes de conduite professionnels pour les scientifiques et le personnel de laboratoire pouvant être adoptés par des organisations professionnelles et des institutions engagées dans la recherche sur les sciences de la vie »<sup>4</sup>. Suite aux décisions de l'Assemblée générale des Nations Unies et du Conseil de sécurité de l'ONU<sup>5</sup>, le InterAcademy Panel et le International Centre for Genetic Engineering & Biotechnology travaillent à l'élaboration d'un code de conduite pour les sciences de la vie.

En dépit du large soutien dont bénéficie l'idée d'élaborer un code (ou plusieurs), à l'heure où ces lignes sont écrites, les objectifs et publics visés n'ont pas été précisés. À y regarder de plus près, les citations de l'encadré 1 reflètent une diversité d'objectifs et de publics concernés. D'autres appels pourraient être cités et témoigneraient d'une diversité encore plus grande<sup>6</sup>.

L'absence d'entente sur ces différents points est importante car les codes scientifiques professionnels existants ont un contenu et des fonctions très divers. Les « codes de conduite » (terme souvent employé de manière interchangeable avec « codes de déontologie » et « codes de bonne pratique ») peuvent être aussi bien : de brèves déclarations porteuses d'aspirations pour améliorer la sensibilisation aux questions essentielles ou définir des principes ; des lignes directrices précisant les éléments devant être pris en compte pour décider de la conduite à tenir ; ou bien encore des règles d'application détaillées précisant ce qui devrait ou ne devrait pas être fait<sup>7</sup>.

Le besoin de veiller à la diversité des codes est particulièrement important car les scientifiques et les éthiciens ont souvent exprimé des doutes sur l'utilité des codes. Ce fut le cas notamment pour ces codes qui veulent simplement être une source d'inspiration, éduquer ou guider les initiatives. Différents problèmes ont été recensés : la façon dont les codes sont sujets à de nombreuses interprétations ; les limites de règles codifiées pour guider l'action dans les cas compliqués ; le peu de référence aux dispositions des codes par les professionnels ; et la façon dont les codes peuvent empêcher d'autres formes de régulation, par un effet de « relations publiques »<sup>8</sup>. Dans la mesure où les codes prennent la forme de réglementations contraignantes, ensuite le sujet de discussion n'est pas tant le code lui-même que la réglementation qu'il représente. Des analyses plus positives sur les codes dans la vie professionnelle laissent à penser qu'ils peuvent accroître la sensibilisation à certaines questions, permettre aux personnes de réinterpréter leur situation, préciser les responsabilités de chacun et des groupes, et stimuler les initiatives dans des domaines pour lesquels des normes n'existent pas encore<sup>9</sup>.

Quelle que soit l'évaluation par chacun de l'intérêt des codes, il existe plusieurs types de codes possibles (ceux qui sont porteurs d'aspirations, ceux qui sont à caractère consultatif ou pédagogique, et ceux qui ont force exécutoire) ; il existe des différences importantes au niveau de leurs objectifs. Le tableau 1 expose trois types de codes, leur appellation courante, leurs objectifs et les critiques souvent formulées à leur sujet, comment ils fonctionneraient concrètement et quelles seraient les personnes les plus susceptibles de faire avancer l'adoption de ces codes.

L'absence de codes traitant directement des questions liées aux armes biologiques malgré l'intérêt que suscite depuis longtemps cette idée devrait attirer notre attention sur les difficultés potentielles de convenir de tels codes et de les appliquer. Les codes peuvent sembler être une option relativement peu controversée, surtout s'agissant des autres questions liées aux armes biologiques, mais s'ils veulent faire plus que réitérer des platitudes sur l'horreur d'utiliser la biologie moderne à des fins malveillantes, ils devront certainement aborder des questions très controversées. Par exemple, les codes pourraient commenter l'acceptabilité des initiatives contestées visant à mettre au point des agents incapacitants « non létaux » ou des activités de biodéfense sujettes à controverse ; déterminer les responsabilités des scientifiques

*L'absence de codes traitant directement des questions liées aux armes biologiques malgré l'intérêt que suscite depuis longtemps cette idée devrait attirer notre attention sur les difficultés potentielles de convenir de tels codes et de les appliquer.*

**Tableau 1 – Une typologie des différents codes**

Type	Code porteur d'aspirations	Code à caractère consultatif ou pédagogique	Code ayant force exécutoire
Nom courant	Code de déontologie	Code de conduite	Code de pratique
Principaux objectifs	Met en garde et définit des normes réalistes ou idéalistes	Donne des indications, suscite le débat et une certaine prise de conscience ; favorise la réflexion sur les questions morales	Prescrit ou proscrie certains actes
Critiques principales	Normes trop vastes pour pouvoir guider véritablement l'action Pas suffisamment respecté	Contient souvent des exigences éthiques contradictoires et apparaît donc ambigu D'une utilité limitée avec les mécanismes d'application, même si les directives précisent rarement une série d'obligations et d'interdits Sert essentiellement d'outil de relations publiques	Codes formels ne pouvant préciser une conduite éthique pour différentes situations Poids de la réglementation sur la science Réglementations nationales existantes pour le confinement physique et biologique des pathogènes
Fonctionnement	Établit une base organisationnelle pour des initiatives futures en affirmant d'emblée l'interdiction de la mise au point d'armes biologiques	Prévoit la définition des responsabilités individuelles et collectives pour ceux qui travaillent dans les sciences de la vie Définit une base de discussion à long terme sur ce qui doit être fait, en remettant en question les politiques actuelles et la formulation des questions	Intègre les préoccupations liées aux armes biologiques et à la biosécurité dans les procédures quotidiennes de travail
Principaux agents	Responsables d'organisations professionnelles et d'organismes de financement	Professionnels des sciences de la vie	Administrateurs, organismes de réglementation et de financement et professionnels associés à la pratique scientifique et médicale

s'agissant des conséquences prévisibles de la science et ce qui pourrait être fait (et par qui) à ce sujet. L'encadré 2, qui reprend toute une série de questions sur la mise au point de codes, permet de se faire une idée sur l'ampleur des difficultés potentielles.

### ***Une matrice pour un code de conduite***

Afin de couvrir un large éventail d'objectifs et les faiblesses de chaque type de codes, l'idée d'une « matrice de codes » a été avancée<sup>10</sup>. Cela impliquerait d'adopter différents codes (qu'ils soient porteurs d'aspirations, à caractère consultatif ou aient force exécutoire), afin de remplir toute une série d'objectifs pour des publics différents<sup>11</sup>. Cette matrice ne serait pas uniquement pertinente pour les biologistes, mais aussi pour les chercheurs d'autres domaines connexes, les responsables de la réglementation, les décideurs et d'autres personnes impliquées dans la conduite des sciences de la vie et leur commercialisation. J'ai exposé plus loin, quelques-uns des éléments d'une telle matrice. Elle pourrait inclure des codes porteurs d'aspirations et permettrait de soulever le problème des

## Encadré 2 – Quelques questions essentielles sur les codes

Quelle est la communauté qui doit prendre la décision de savoir quels codes doivent être adoptés ? La communauté des scientifiques doit-elle décider seule de la composition des codes qui leur sont destinés ? En quoi « la prévention du risque de guerre et de terrorisme biologiques est-elle [...] trop importante pour être laissée aux scientifiques et aux politiques »\* ?

Comment les codes pourront-ils combiner à la fois les responsabilités individuelles et collectives ?

Les normes des codes iront-elles au-delà des dispositions réglementaires existantes en termes de rigueur et de spécificité ?

À quelle question les codes tentent-ils de répondre ? Dans quelle mesure les avancées scientifiques actuelles peuvent-elles faciliter la mise au point d'armes biologiques ?

Existe-t-il un engagement durable et général des organisations concernées de faire que les codes soient plus qu'un morceau de papier ? Si tel n'est pas le cas, faut-il chercher à établir des codes ?

Quelles mesures feraient qu'un code serait jugé efficace ? « Entretenir les débats » sur les problèmes de sécurité que pourrait poser la science est-il suffisant ?

Dans quelle mesure, les différences s'agissant de l'adoption de codes ainsi que d'autres mesures réglementaires sont-elles acceptables ?

Les codes doivent-ils chercher à développer et préciser les conventions internationales existantes ou les discussions engagées dans le cadre de ces conventions doivent-elles développer et préciser le sens de ces codes ? En outre, les codes doivent-ils résoudre ou refléter les désaccords qui existent au niveau international s'agissant de la pertinence de certaines actions ?

À qui les codes s'adressent-ils : aux magistrats, aux organisations professionnelles, aux négociateurs gouvernementaux, à ceux qui sont dans les industries, à l'opinion publique, ou à d'autres ?

Les codes sont-ils envisagés pour écarter d'autres mesures ?

Est-il réaliste de penser que des normes communes puissent s'appliquer à la communauté scientifique malgré les frontières entre les sous-disciplines et les nations ?

Des principes directeurs peuvent-ils être convenus pour l'élaboration et l'interprétation des codes ?

Les scientifiques sont-ils tenus par des engagements formels d'évaluer les implications sociales et éthiques de leurs travaux ?

Est-il suffisant d'appeler au « respect » de la législation nationale existante et des accords internationaux ? Dans quelle mesure est-ce possible ?

Comment évaluer l'efficacité des codes ? Est-il réaliste ou utile de supposer que des critères communs doivent s'appliquer aux différents pays et aux différentes disciplines ?

Les gouvernements, les organisations professionnelles, les organismes de financement, les ONG et les autres sont-ils prêts à prendre position sur l'interprétation des accords internationaux ?

Les insuffisances des codes actuels seraient-elles atténuées ou exacerbées par l'adoption de nouveaux codes ?

Abstraction faite de la question de la connaissance qu'ont les scientifiques des interdictions internationales, le fait que leurs recherches puissent produire des applications à double usage est-il suffisamment pris en compte ? Cette question présente-t-elle des dimensions réellement inquiétantes ?

Le fait de débattre d'un code est-il un moyen d'examiner des questions politiques potentiellement controversées ou de les éviter ?

\* Pax Christi International, 2004, *Pax Christi International Calls for Ethical Approach to Biological Weapons*, déclaration lors de l'assemblée générale de Pax Christi International à Bruxelles, juin, à l'adresse <[www.paxchristi.net/PDF/SD08E04.doc](http://www.paxchristi.net/PDF/SD08E04.doc)>.

armes biologiques auprès des organisations professionnelles, des organismes de financement, de réglementation et autres, afin de les sensibiliser à la question pour favoriser des actions futures. Des codes ayant force exécutoire pourraient être conçus pour augmenter les contrôles actuels sur le confinement physique et biologique des pathogènes et des toxines en les intégrant dans les pratiques habituelles des chercheurs et autres<sup>12</sup>.

Comme il existe déjà des codes porteurs d'aspirations et des codes ayant force exécutoire qui peuvent servir d'exemples pour de nouvelles initiatives, le reste de cet article insistera sur l'élaboration d'un éventuel « code de conduite ». Même si des dispositions sur les armes biologiques peuvent être intégrées dans les réglementations et les codes existants, un document différent est nécessaire dans le cas d'un code à caractère pédagogique dont le but serait une meilleure compréhension des questions en jeu. Le but principal d'un tel code de conduite pourrait être de promouvoir de grands débats sur les menaces que représentent les applications à double usage des sciences de la vie et la pertinence des mesures adoptées. Les codes peuvent chercher à encourager les individus et les groupes à assumer une position de responsabilité s'agissant de l'éthique, même si leur capacité dépend largement du processus par lequel ils ont été adoptés, soutenus et révisés.

L'encadré 3 est un exemple de code pour ceux qui conduisent, financent, gèrent et réglementent les travaux des biosciences et de la biomédecine. Il s'inspire, en partie, de divers déclarations, codes et conventions, et notamment des documents suivants : *Ethical Principles of BIOTECanada*<sup>13</sup> ; une déclaration de Matthew Meselson<sup>14</sup> ; *Software Engineering Code of Ethics and Professional Practice* de IEEE-CS/ACM Joint Task Force on Software Engineering Ethics and Professional Practices<sup>15</sup> ; la Déclaration de Washington de l'Association médicale mondiale, en 2002<sup>16</sup> ; le Préambule de la Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction<sup>17</sup> et un document du Comité international de la Croix-Rouge intitulé *Responsibilities of Actors in the Life Sciences to Prevent Hostile Use*<sup>18</sup>. Il comporte toute une série de dispositions ; certaines peuvent être considérées comme relevant des codes à caractère consultatif, d'autres des codes ayant force exécutoire et d'autres, enfin, des codes porteurs d'aspirations.

Ce code apporte une « modeste » contribution sur différents points importants. Premièrement, le fait de proposer ce contenu ne doit pas rendre superflues toutes discussions sur ce que devraient être les codes. Il doit plutôt être considéré comme un exemple de ce qui est possible, autrement dit promouvoir des discussions fondées sur une bonne connaissance de la situation. L'adoption d'un code doit être l'occasion de poser des questions sur la place de la science dans la société à un moment donné et sur ce qui pourrait changer. Deuxièmement, et c'est un point connexe, à ce stade, les dispositions doivent stimuler le débat et non pas donner des réponses définitives. En effet, alors qu'une vaste action concertée se met en place pour définir et régler les risques que représentent pour la sécurité les recherches « fondamentales » dans les domaines des sciences de la vie et autres, il importe de stimuler, plutôt que de freiner, les discussions sur ce qu'il convient de faire. Ce dialogue doit permettre notamment d'évaluer les critères, qui évolueront certainement au fil du temps, et qui permettront de juger de l'« utilité » ou de l'« inefficacité » des codes. Nombre des termes et conditions stipulés devront être précisés, comme l'expression « conséquences potentiellement dangereuses » ou la façon dont les travaux devront être « examinés »<sup>19</sup>. Certaines organisations ont déjà avancé des propositions précisant d'éventuels interdits et obligations<sup>20</sup>. Le but ici n'est pas d'en finir avec ces discussions, mais de soulever des questions qui devront être réglées lors de débats futurs. La signification de certains termes pourrait être précisée lors de l'examen de l'intérêt d'un code. Troisièmement, ce code présente de manière largement négative d'éventuelles conséquences préjudiciables des travaux des scientifiques au lieu d'insister sur le rôle qu'ils pourraient jouer pour limiter les menaces que représentent les armes biologiques. Même si cette insuffisance et d'autres devront certainement être corrigées, en écrivant ce code j'ai voulu attirer l'attention sur d'éventuels motifs d'inquiétude plutôt que d'en déterminer le contenu final.

**Encadré 3 – Proposition d'un « code de conduite » pour les sciences de la vie*****Empêcher l'utilisation des sciences de la vie à des fins hostiles***

Toutes les grandes technologies – la métallurgie, les explosifs, la combustion interne, l'aviation, l'électronique, l'énergie nucléaire – ont fait l'objet d'une exploitation intensive à des fins non seulement pacifiques, mais aussi hostiles. Les progrès rapides des sciences de la vie ouvrent aujourd'hui la possibilité d'améliorer la santé des êtres humains. Les nouvelles techniques et connaissances risquent aussi d'être détournées pour propager des maladies.

Ce risque ne se limite pas aux toxines et aux pathogènes habituels. Les domaines de la biologie moléculaire, des neurosciences, de la lutte biologique et de nombreux autres offrent des possibilités de manipuler les processus vitaux fondamentaux. Par exemple, délibérément ou par inadvertance, la modification génétique de certains micro-organismes pourrait engendrer de nouveaux organismes plus virulents, résistants aux antibiotiques ou plus stables dans l'environnement. Le progrès de la thérapie génique pourrait permettre de modifier le système de réponse immunitaire de la population cible de façon à augmenter ou réduire sa susceptibilité à un pathogène ou à entraver le fonctionnement des gènes hôtes normaux.

Ceux d'entre nous qui conduisent, financent, gèrent ou réglementent des travaux dans les domaines des biosciences ou de la biomédecine ont une responsabilité éthique envers la société d'honorer les accords conclus au niveau international et d'utiliser leurs compétences et leurs connaissances dans l'intérêt des êtres humains, des animaux et des plantes et de ne pas mener d'activités visant l'utilisation de micro-organismes, de toxines ou d'autres agents biologiques à des fins hostiles. En outre, en tant qu'individus, et collectivement en tant que membres d'une profession, et lors des discussions avec d'autres segments de la société, nous avons l'obligation de délibérer activement des mesures nécessaires pour réduire autant que possible le risque que nos travaux soient utilisés à des fins hostiles.

Aujourd'hui et à l'avenir, une riposte efficace contre la menace des armes biologiques ne peut venir que d'une action concertée au niveau international entre les gouvernements, les communautés scientifiques et médicales, les organisations professionnelles et non gouvernementales, les industries biotechnologiques et pharmaceutiques, et quelques autres. Les recherches portant sur les sciences de la vie ont souvent conduit à l'adoption de nouvelles normes ou contrôles – dans le cas de la sécurité biologique en laboratoire et de la vivisection, pour ne citer que deux exemples – en raison de l'inquiétude de la société.

Ce Code doit être une source de réflexion, de dialogue et d'initiative pour évaluer la pertinence des mesures envisagées. La liste proposée ne se veut pas exhaustive. La connaissance des menaces que représente l'utilisation d'armes biologiques à des fins hostiles par des États, des groupes ou des individus, évoluera avec le temps, tout comme les ripostes nécessaires. Il ne faut pas considérer que les dispositions avancées font une distinction entre ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas dans chaque situation. Le Code n'est pas un algorithme pour trouver des réponses définitives à la question de savoir ce qu'il convient de faire. Dans certaines situations, des normes peuvent s'opposer ou être en contradiction avec celles d'autres sources. Il faut alors que les professionnels scientifiques et médicaux et les autres personnes concernées réfléchissent et discutent avec d'autres de ce qui constitue une action appropriée. Les dispositions de ce Code devraient amener ceux qui sont liés aux sciences de la vie à s'interroger sur tous ceux qui sont touchés par leurs travaux ; à se demander si eux et leurs collègues agissent avec toute l'attention nécessaire ; à envisager la façon dont l'opinion publique, si elle était bien informée, jugerait leurs actes ; à analyser comment les plus fragilisés seront affectés par leurs activités ; et à se demander si leurs actes seraient jugés dignes de l'idéal des professionnels.

Par conséquent, ceux qui travaillent dans les domaines des biosciences ou de la biomédecine devraient :

- reconnaître qu'ils ont à cœur de réduire autant que possible le risque de voir les progrès des sciences de la vie être utilisés à des fins hostiles et que cet objectif relève, en partie, de leur responsabilité de professionnels ;
- reconnaître que leurs propres intentions bienveillantes ne peuvent suffire à justifier que ces inquiétudes soient mises de côté ;
- prendre conscience des applications « à double usage » de leurs travaux ;
- considérer les avantages et les inconvénients, à la fois directs et indirects, de leurs travaux pour leurs collègues, leur profession, leurs communautés et l'ensemble de la société ;
- être au courant des travaux de leurs associés ;

- s'assurer qu'ils connaissent et respectent la réglementation nationale et internationale en matière de confinement physique et biologique des agents. Si les mesures existantes sont jugées insuffisantes, il convient de le signaler aux responsables politiques concernés et aux organisations professionnelles ;
- agir à l'intérieur de leur propre sphère d'influence pour contribuer à la réduction du risque ;
- s'assurer que leurs initiatives sont connues et qu'elles complètent celles prises par d'autres ;
- admettre qu'il est de leur responsabilité d'examiner les idées et les intérêts de tous les segments de la société pour évaluer ce qui doit être fait.

La responsabilité de réduire le risque que les sciences de la vie soient utilisées à des fins hostiles n'incombe pas uniquement aux individus, mais à l'ensemble des communautés scientifiques et médicales. Des initiatives collectives devraient être engagées pour surveiller la menace des armes biologiques et identifier les actions susceptibles d'empêcher la prolifération des armes biologiques. Dans le même temps, ceux qui représentent et financent les travaux dans les domaines des biosciences et de la biomédecine devraient :

- admettre qu'en raison de leurs compétences, ils se doivent de participer aux efforts visant à réduire les risques liés aux armes biologiques ;
- établir des procédures qui permettent à ceux qui s'inquiètent des possibilités d'utilisations à la fois civiles et militaires de certaines applications d'obtenir des conseils et de signaler leurs inquiétudes, et notamment de dénoncer des activités suspectes ;
- informer leurs membres et l'opinion publique des risques d'armes biologiques et des mesures possibles pour les contrer, en les sensibilisant notamment à ce Code ;
- en cas de désaccord sur les conséquences éventuelles de certaines expériences et découvertes, la nécessité d'en débattre ouvertement doit aller de soi ;
- instaurer des mesures pour examiner de près les travaux pouvant avoir des conséquences dangereuses et s'assurer qu'ils font l'objet d'un examen indépendant et rigoureux par des pairs ;
- instaurer des procédures pour surveiller l'évolution globale des sciences de la vie pour repérer les nouvelles sources de préoccupation ;
- réclamer plus de fonds pour lutter contre les causes d'insécurité et de pauvreté dans le monde (par exemple, la propagation de maladies infectieuses) ;
- renforcer les engagements existant au niveau international pour que les États réalisent des progrès réels sur la voie du désarmement général et complet, y compris l'interdiction et la suppression de tous les types d'armes de destruction massive ;
- reconnaître que les accords internationaux sont souvent rédigés de façon vague et abstraite ; les normes portant sur la conduite à tenir sont souvent mal définies. Des efforts devraient être faits pour engager activement les gouvernements à préciser le sens des interdictions ;
- appeler les États à poursuivre, dans un esprit de bonne volonté, des négociations de désarmement afin de parvenir à un contrôle international rigoureux et efficace qui tienne compte des nombreuses préoccupations de la communauté internationale, et notamment la mise au point d'un instrument de vérification juridiquement contraignant pour renforcer la Convention sur les armes biologiques ou à toxines.

Dans le même temps, les individus et les organismes concernés devraient reconnaître que les inquiétudes à l'égard des armes biologiques ne se limitent pas aux activités directement liées au stockage des agents dans le cadre de programmes clairement offensifs. Par exemple, l'intérêt récurrent de certains pour des agents dits incapacitants risque de compromettre les efforts internationaux visant à interdire de mettre au point, de fabriquer ou de conserver des agents biologiques, de types et en quantités qui ne sont pas destinés à des fins prophylactiques ou de protection ou à d'autres fins pacifiques. En outre, les activités engagées dans le cadre des programmes de biodéfense pour expliquer le mécanisme de virulence ou pour évaluer les menaces biologiques peuvent saper, même involontairement, la confiance internationale dans les régimes d'interdiction et ainsi violer les dispositions de ces régimes. Pour éviter cela, des efforts devraient être faits pour renforcer la confiance entre les peuples et pour améliorer l'atmosphère internationale. Les détails des programmes de biodéfense devraient pouvoir être examinés par le public.

Il convient de rappeler quelques points sur ce code. S'inspirant du document intitulé *Software Engineering Code of Ethics and Professional Practice*, le code souligne l'importance d'établir des règles pour préciser la conduite à suivre sur de nombreuses questions difficiles en matière de double usage, tout en rappelant les limites d'une telle initiative. Au lieu de définir des normes et des objectifs, il tente d'engager un processus de réflexion critique et de dialogue. Les dispositions du code tentent aussi de remettre en question les vues limitées sur le confinement physique et biologique, les responsabilités des individus, les vastes programmes offensifs ou les questions de non-prolifération. L'accent mis sur le désarmement est une façon de faire le lien avec les initiatives engagées dans d'autres domaines pour renforcer les initiatives contre les armes nucléaires, chimiques et autres armes interdites. En outre, il incite les individus et les associations à connaître et à respecter les dispositions des conventions internationales, mais aussi à s'employer activement à préciser leur sens. Enfin, le code ne cherche pas à faire peser la responsabilité sur les individus ; il souligne plutôt l'importance des initiatives collectives. Ce ne sont que quelques-uns des éléments qui pourraient être retenus dans les codes de conduite pour faire avancer le débat sur les menaces qui découlent des applications à double usage des sciences de la vie.

## Conclusion

Vu les menaces que représentent les armes biologiques, d'aucuns s'interrogent aujourd'hui dans certains pays sur les conséquences et sur la pertinence des activités engagées dans les sciences de la vie. De nombreux gouvernements et organisations recommandent aux scientifiques d'adopter un code de conduite pour limiter les inquiétudes que leurs travaux soulèvent en matière de sécurité. Même si l'idée d'un tel code suscite un grand intérêt, peu d'informations précises ont été avancées sur son contenu éventuel et sa promulgation.

Dans cet article, nous avons fait rapidement le point sur l'intérêt des différents codes professionnels, à savoir les codes de déontologie, les codes de conduite et les codes de pratique. Nous avons ensuite tenu compte des possibilités et des limites de chacun d'entre eux pour proposer une « matrice de codes » reprenant différents aspects de chaque type pour répondre aux besoins de publics divers. L'idée n'est pas de trancher pour savoir quel type de matrice serait le plus intéressant, mais d'indiquer le sens et les grandes lignes d'une formule possible pour susciter le débat et stimuler la réflexion. En fin de compte, l'utilité des codes dépend de la façon dont les organisations sont réellement décidées à les promouvoir et à les appliquer, ce qui ne peut être dicté par des analyses.

## Notes

1. New Scientist, 1968, « Wanted—A Code of Conduct », *New Scientist*, 29 février, p. 453.
2. Pour d'autres précédents, voir W. Pigman et E. Carmichael, 1950, « An Ethical Code for Scientists », *Science*, vol. 111, p. 643 à 647 ; C. Hedén, 1968, « Perspective on an Identity Card or Certificate for Scientists », *Scientific World*, vol. 12, n<sup>os</sup> 4/5, p. 24 à 28 ; et A. Cournand, 1977, « The Code of the Scientists », *Science*, vol. 198, p. 699 à 705.
3. Pour plus de précision sur l'histoire récente des codes sur les armes biologiques, voir <[www.ex.ac.uk/codesofconduct/](http://www.ex.ac.uk/codesofconduct/)>.
4. États-Unis d'Amérique, National Science Advisory Board for Biosecurity, à l'adresse <[www4.od.nih.gov/nsabb/](http://www4.od.nih.gov/nsabb/)>.
5. Voir <[www.un.dk/doc/A.57.0273\\_S.2002.875.pdf](http://www.un.dk/doc/A.57.0273_S.2002.875.pdf)>.
6. Voir <[www.ex.ac.uk/codesofconduct/Chronology/index.htm](http://www.ex.ac.uk/codesofconduct/Chronology/index.htm)>.
7. Voir <[www.codesofconduct.org](http://www.codesofconduct.org)>, pour de nombreux exemples écrits ; ainsi que C. Soskolne et L. Sieswerda, 2003, « Implementing Ethics in the Professions: Examples from Environmental Epidemiology », *Science and Engineering Ethics*, vol. 9, n<sup>o</sup> 2, p. 181 à 190.

8. M. Iverson, M. Frankel et S. Siage, 2003, « Scientific Societies and Research Integrity: What Are They Doing and How Well Are They Doing It? », *Science and Engineering Ethics*, vol. 9, n° 2, p. 141 à 158 ; A. Doig et J. Wilson, 1998, « The Effectiveness of Codes of Conduct », *Journal of Business Ethics*, vol. 7, n° 3, p. 140 à 149 ; N. Higgs-Kleyn et D. Kapelianis, 1999, « The Role of Professional Codes in Regulating Ethical Conduct », *Journal of Business Ethics*, vol. 19, n° 4, p. 363 à 374 ; et K. Shrader-Frechette, 1994, *Ethics of Scientific Research*, Lanham, Rowan & Littlefield.
9. M. Davis, 1998, *Thinking Like an Engineer*, Oxford, Oxford University Press ; M. Meselson, 2000, « Averting the Exploitation of Biotechnology », *FAS Public Interest Report* 53, p. 5 ; S. Unger, 1991, « Code of Engineering Ethics », dans D. Johnson, *Ethical Issues in Engineering*, Upper Saddle River, Prentice Hall, p. 105 à 130 ; et S. Reiser et R. Bulger, 1997, « The Social Responsibilities of Biological Scientists », *Science and Engineering Ethics*, vol. 3, n° 2, p. 137 à 143.
10. Expression avancée pour la première fois par Vivienne Nathanson de la British Medical Association.
11. Voir B. Rappert, 2004, « Responsibility in the Life Sciences », *Biosecurity & Bioterrorism*, septembre, à l'adresse <[www.biosecurityjournal.com](http://www.biosecurityjournal.com)>.
12. G. Pearson, 2004, *Some Additional Considerations Regarding a Possible Biological and Toxin Weapons Convention (BTWC) Code of Conduct*, 12 février, à l'adresse <[www.ex.ac.uk/codesofconduct/Publications/Reflections%20on%20SeminarFeb04.doc](http://www.ex.ac.uk/codesofconduct/Publications/Reflections%20on%20SeminarFeb04.doc)>.
13. À l'adresse <[www.biotech.ca/FN/ethics\\_fr.html](http://www.biotech.ca/FN/ethics_fr.html)>.
14. À l'adresse <[www.hir.harvard.edu/articles/?id=919&page=4](http://www.hir.harvard.edu/articles/?id=919&page=4)>.
15. The Institute of Electrical and Electronics Engineers–Computer Society et l'Association for Computing Machinery, à l'adresse <[www.acm.org/serving/se/code.htm](http://www.acm.org/serving/se/code.htm)>.
16. À l'adresse <[www.wma.net/f/policy/b1.htm](http://www.wma.net/f/policy/b1.htm)>.
17. À l'adresse <[disarmament2.un.org/wmd/bwc/BWC%20text-French.pdf](http://disarmament2.un.org/wmd/bwc/BWC%20text-French.pdf)>.
18. À l'adresse <[www.icrc.org/Web/eng/siteeng0.nsf/html/5VDJLW?OpenDocument](http://www.icrc.org/Web/eng/siteeng0.nsf/html/5VDJLW?OpenDocument)>.
19. Voir les modèles de National Research Council, 2004, *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, Committee on Research Standards and Practice to Prevent the Destructive Application of Biotechnology, Washington DC, National Academies Press ; et J. Steinbruner et E. Harris, 2003, « Controlling Dangerous Pathogens », *Issues in Science and Technology*, vol. 19, n° 3 (printemps), à l'adresse <[www.nap.edu/issues/19.3/steinbruner.htm](http://www.nap.edu/issues/19.3/steinbruner.htm)>.
20. Voir, par exemple <[fas.org/bwc/papers/code.pdf](http://fas.org/bwc/papers/code.pdf)> et <[www.gene-watch.org/programs/biowarfare/call-for-ban.html](http://www.gene-watch.org/programs/biowarfare/call-for-ban.html)>.

### *Les enseignements de l'application de la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel*

La première conférence d'examen de la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel<sup>1</sup> s'est achevée dans la capitale du Kenya, Nairobi, le 3 décembre 2004. Plus de 1 200 délégués – aussi bien gouvernementaux que non gouvernementaux – étaient présents. Ils ont reconnu les nombreuses avancées de la Convention et lancé un appel retentissant à poursuivre les efforts pour mettre un terme au fléau des mines terrestres. Dans le Plan d'action adopté pour 5 ans par la Conférence d'examen, les États parties réaffirment « leur attachement sans réserve à la promotion et à l'application effectives de toutes les dispositions de la Convention » et se déclarent résolus à coopérer pleinement avec tous les partenaires intéressés et à « n'épargner aucun effort pour faire face aux difficultés que poseront encore l'universalisation de la Convention, la destruction des mines antipersonnel stockées, le nettoyage des zones minées et l'aide aux victimes »<sup>2</sup>.

Cette convention, qui est le fruit d'une initiative audacieuse du Canada, fut ouverte à la signature, à Ottawa, voilà tout juste sept ans, en décembre 1997. Aujourd'hui, plus des trois quarts des pays de la planète ont adhéré à la Convention, s'engageant ainsi formellement à ne pas mettre au point, produire, stocker, transférer ou utiliser de mines antipersonnel ; à déminer les zones minées ; et à favoriser la réadaptation et la réintégration des personnes victimes de ces armes frappant sans discrimination.

Depuis qu'elle est entrée en vigueur, le 1<sup>er</sup> mars 1999, la Convention a directement permis la destruction de dizaines de millions de mines stockées, et plusieurs centaines de milliers de mines en place dans des dizaines de pays sinistrés ont été détruites. Même si le nombre de nouvelles victimes reste trop élevé, les civils blessés ou tués par des mines antipersonnel sont aujourd'hui moins nombreux qu'au début des années 90, en raison de la lutte systématique engagée contre cette pollution qui est la pire de toutes.

Soucieux de tirer profit de ces succès, les experts ont mis en évidence les nombreux enseignements des processus de négociation et d'adoption de la Convention. Les démarches originales concernant l'application des dispositions ont, pour l'instant, nettement moins suscité d'attention. Comment les États parties ont-ils cherché à préserver les engagements pris et à s'assurer des progrès réalisés dans le sens des objectifs communs et que faut-il faire pour régler définitivement le problème des mines ? Cet article avance différentes réponses possibles en examinant tour à tour trois principes interdépendants qui sont des éléments clés pour le respect de la Convention, à savoir la promotion, la participation et le partenariat.

## *Promouvoir la Convention*

### PROMOUVOIR L'ADHÉSION

L'universalisation de la Convention était un objectif clair dès le départ. Des campagnes efficaces de ratification furent organisées par la Campagne internationale pour l'interdiction des mines terrestres (ICBL), le Comité international de la Croix-Rouge (CICR) et l'Organisation des Nations Unies, et notamment le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF), qui passèrent sans difficulté d'une mobilisation en faveur de l'adoption d'un traité d'interdiction complète à la promotion de l'adhésion à cette convention. Les États clés, en particulier ceux qui avaient constitué le « groupe instigateur » de gouvernements engagés pour faire avancer les négociations, utilisèrent leurs services diplomatiques pour inciter les États à adhérer à la Convention à bref délai. C'est ainsi que quinze mois après avoir été signée lors d'une conférence diplomatique à Oslo, la Convention bénéficiait non seulement des 40 ratifications nécessaires, mais était déjà en vigueur en tant qu'instrument de droit international ayant force obligatoire.

Poursuivant sur leur lancée, les États parties décidèrent de créer un « groupe de contact » informel regroupant des acteurs concernés soucieux de promouvoir l'universalisation de la Convention. Ce groupe de contact, comme d'autres groupes évoqués plus loin, a voulu s'assurer, par des rencontres régulières, que des acteurs très différents, à l'intérieur comme à l'extérieur des gouvernements, puissent unir leurs efforts et coordonner leurs initiatives pour qu'elles soient toujours plus ciblées et efficaces.

En outre, la Conférence d'examen fut l'occasion d'encourager l'adhésion à la Convention, avec l'Estonie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée qui ont adhéré en 2004, et la Lettonie, la Pologne et le Sri Lanka qui envisagent une pleine adhésion. En outre, l'Éthiopie, qui avait signé la Convention dès décembre 1997, a finalement déposé son instrument de ratification lors de la Conférence d'examen. Par conséquent, le rejet formel des mines antipersonnel comme arme est presque général en Afrique subsaharienne, aux Amériques (avec une exception considérable) ainsi qu'en Europe centrale et en Europe occidentale. Comme l'a déclaré la Conférence d'examen<sup>3</sup>, il faut poursuivre les efforts engagés pour que, d'ici quelques années, ces régions renoncent unanimement, et pour toujours, à utiliser ces moyens de guerre qui frappent sans discrimination. Et si nous parvenons à une plus grande adhésion en Europe orientale, en Asie, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, le jour d'une interdiction réellement globale des mines antipersonnel se rapprochera.

### PROMOUVOIR LE RESPECT DE LA CONVENTION

Reste que l'adhésion universelle à un traité ne signifie pas nécessairement que celui-ci est universellement respecté. En fait, lors de la négociation de la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel, un certain nombre de pays craignaient que ses dispositions ne soient pas contrôlées assez rigoureusement, et que les transgressions ne soient pas sanctionnées. C'est la raison pour laquelle, l'article 8 de la Convention prévoit des éclaircissements au sujet du respect des dispositions, et notamment des missions d'établissement des faits dans certaines circonstances précises. À ce jour, aucun État partie n'a jugé utile d'invoquer de telles procédures.

En fait, même si depuis l'entrée en vigueur de la Convention, ICBL a déclaré qu'un petit nombre d'États parties et de signataires ont violé les dispositions de la Convention, la façon dont cet

instrument est respecté est remarquable. Aucun État partie n'a entrepris de produire, stocker, transférer ou employer de mines antipersonnel à grande échelle. Bien au contraire, un grand nombre de pays ont déjà adopté les mesures d'application nationales nécessaires évoquées à l'article 9 de la Convention – à savoir les mesures législatives, administratives et autres – pour garantir que cela n'arrive pas.

Bien sûr, l'application de la Convention a été facilitée par les obligations sans ambiguïté inscrites dans cet instrument par ses auteurs. « Aucune exception, aucune réserve, aucune échappatoire », tel était le mot d'ordre d'ICBL et le monde peut être fier que l'instrument issu de la conférence diplomatique d'Oslo fut, par certains aspects, plus fort que celui qui avait constitué la base des négociations. L'engagement pris en vertu du paragraphe 1 de l'article premier de la Convention de « ne jamais, en aucune circonstance » employer, mettre au point, produire, stocker ou transférer de mines antipersonnel est un bon moyen de promouvoir le respect de la Convention.

De plus, les États parties ont été attentifs à tout événement susceptible de compromettre ces engagements. Ils ont refusé les propositions visant à ce qu'un signataire puisse, d'une manière ou d'une autre, être autorisé à employer des mines antipersonnel sans réduire à néant l'objet et le but de la Convention et ont rejeté la demande d'un État partie de reporter l'application de l'obligation de détruire les stocks de mines antipersonnel au-delà du délai de quatre ans prévu par la Convention. Cette attitude a permis de préserver l'intangibilité et la portée de cet instrument juridique.

ICBL et le CICR ont aussi agi pour s'assurer que la possibilité de conserver une petite quantité de mines antipersonnel pour la formation aux activités de détection des mines et de déminage ne serve pas de subterfuge pour les utiliser à des fins malveillantes. Par conséquent, les avis juridiques des États reflètent largement l'interprétation des acteurs de la Conférence diplomatique à savoir que les États parties peuvent, en vertu de l'article 3 de la Convention, conserver plusieurs centaines ou milliers de mines antipersonnel, mais pas des dizaines de milliers.

Le contrôle du respect de la Convention a été possible grâce essentiellement à deux mécanismes : la présentation de rapports annuels par les États parties, conformément à l'article 7, et le contrôle exercé par la société civile dans le cadre de *Landmine Monitor*, le rapport de l'Observatoire des mines qu'ICBL présente chaque année aux États parties. Il est vrai que le principe de rapports annuels n'est pas rare dans les traités internationaux. La décision prise par les États parties, sous l'égide du Département des affaires de désarmement de l'ONU, de rendre ces rapports accessibles dans leur intégralité (à l'exception de quelques détails techniques qui pourraient être utilisés de façon malveillante par des acteurs non étatiques), n'a fait qu'accroître la transparence et partant la confiance dans le processus.

Les organismes et organes des Nations Unies, entre autres, ont fourni une assistance aux États parties qui le demandaient pour élaborer leurs rapports annuels, le processus de préparation favorisant la coordination interministérielle et la coopération pour l'application nationale. Même si certains rapports ont été soumis avec du retard, les États qui ont respecté la disposition sur l'établissement de rapports ont été, dans l'ensemble, exceptionnellement nombreux, ce qui traduit bien l'importance qu'accordent à cette question et aux travaux du groupe de contact sur l'article 7, tous ceux qui sont concernés. La façon dont cette disposition est respectée soutient très favorablement la comparaison avec d'autres traités de désarmement.

Comme d'habitude, l'efficacité juridique et l'engagement du CICR ont été précieux pour les États parties et ont favorisé l'application de la Convention. Avant et pendant la Conférence d'examen, le CICR s'est employé à convaincre les États d'accepter une juste interprétation des articles 1, 2 et 3 de la Convention. Comme l'a déclaré l'Ambassadeur autrichien, Wolfgang Petritsch, Président de la Conférence d'examen, lors de la conférence de presse d'ouverture : « Des organisations comme ICBL et le CICR vous diront certainement ce que nous pouvons améliorer et comment. [...] C'est précisément ce qui doit arriver »<sup>4</sup>.

L'on peut difficilement surestimer le rôle du *Landmine Monitor* dans la vérification du respect de la Convention par les États parties. Cette publication remarquable, publiée chaque année, a permis de s'assurer que tous les États parties connaissent parfaitement leurs obligations et qu'ils savent que toute initiative visant à abaisser le niveau des normes fixées par la Convention serait dénoncée dans *Landmine Monitor*.

La rigueur de la recherche et la minutie avec laquelle l'action et la politique de chaque pays, qu'il soit ou non partie à la Convention, sont présentées dans le *Landmine Monitor*, en font un outil de référence incontournable pour tous ceux qui veulent libérer le monde des conséquences atroces des mines terrestres. Les pays n'apprécient pas et n'admettent pas toujours ce qui est écrit à leur sujet dans le *Landmine Monitor*. Reste que l'engagement et le professionnalisme des organisations, coordonnées par Human Rights Watch, qui produisent cette publication, suscitent un respect quasi indéfectible. Le *Landmine Monitor* est une initiative phare parmi les efforts des ONG visant à promouvoir l'application du traité et les normes qui serviront à juger d'autres initiatives nécessaires.

### ***Participation et partenariat dans l'application de la Convention***

Si la procédure d'aide et d'éclaircissements au sujet du respect des dispositions prévue à l'article 8 de la Convention n'a jamais été utilisée, la disposition du paragraphe 1 de ce même article, selon laquelle « Les États parties conviennent de se consulter et de coopérer au sujet de l'application des dispositions de la présente Convention, et de travailler dans un esprit de coopération afin de faciliter le respect, par les États parties, des obligations découlant de la présente Convention » a, d'une certaine façon, été employée avec succès depuis son adoption. Des discussions régulières sont intervenues, notamment, dans le cadre d'un groupe de contact informel sur la question du respect du traité. En fait, l'esprit de coopération qui s'est instauré au fil du temps est l'une des caractéristiques du succès de la Convention.

Des désaccords sont bien évidemment intervenus sur l'interprétation de certains paragraphes contenus notamment dans les trois premiers articles de la Convention. Leur importance ne doit pas être minimisée, mais ce qui unit tous les États parties dans leur interprétation de ce qui est interdit par la Convention l'emporte très nettement sur les questions qui les divisent. Et l'unanimité de compréhension suscite inévitablement une unanimité d'intention.

Cette intention est ancrée dans les mécanismes formels et informels prévus pour appuyer l'application de la Convention. L'Assemblée des États parties s'est tenue chaque année, conformément à l'article 11, pour examiner, entre autres, le fonctionnement et l'état de la Convention ; les questions soulevées par les rapports annuels présentés en vertu des dispositions de l'article 7; et la coopération et l'assistance internationales conformément à l'article 6. Ces réunions ont permis aux États parties de parvenir à des décisions importantes, qui les engagent sur l'avenir de la Convention.

Un certain nombre d'États avaient affirmé, dès le début, que des rencontres annuelles ne suffiraient pas à entretenir la dynamique engagée pour assurer le succès de la Convention. C'est la raison pour laquelle la première Assemblée des États parties avait décidé d'organiser une série de réunions intersessions de comités permanents pour examiner les grandes questions concernant l'application et la mise en œuvre de la Convention. Ces rencontres, organisées deux fois par an, par le Centre international de déminage humanitaire de Genève, réunissent les États parties, les organismes des Nations Unies, des organisations régionales et internationales, et des organisations non gouvernementales du monde entier. Ce partenariat entre diplomates, militants et, ce qui est particulièrement important, organisations engagées sur le terrain, est apparu comme la pierre de

touche de la Convention. Les débats sont pragmatiques et impliquent tous les pays concernés et différents acteurs.

Afin d'appuyer le processus intersession, les représentants des États parties se proposent comme co-présidents et co-rapporteurs des différents comités, ce qui permet de s'assurer de l'engagement des États donateurs et des États touchés pour l'application de la Convention. La deuxième Assemblée des États parties, en 2000, a reconnu que les travaux des comités permanents impliquaient une grande coordination entre les co-présidents pour s'assurer que leurs travaux faciliteraient le succès de la Convention. Dans ce contexte, les États parties décidèrent de créer un Comité de coordination, qui se réunit en fonction des circonstances sous la présidence du président de l'Assemblée des États parties.

Grâce à des contributions volontaires qui s'élèvent à ce jour à plus de 2 millions de dollars, versés par plus d'une douzaine d'États parties, le Programme de parrainage a favorisé une participation réelle en permettant aux représentants des États parties (et dans certaines circonstances, d'autres pays, comme ceux considérés comme une priorité pour atteindre l'objectif d'universalisation de la Convention) qui avaient besoin d'une aide financière d'assister et de prendre une part active<sup>5</sup> aux décisions et aux discussions qui les concernent directement lors des rencontres intersessions et de l'Assemblée des États parties.

Le partenariat entre les États et la participation de chacun ont été facilités par la création d'une Unité d'appui à l'application de la Convention, établie suite à une décision de la troisième Assemblée des États parties, en 2001, au Nicaragua. Nous pensons que cette Unité d'appui, au sein du Centre international de déminage humanitaire de Genève, est une ressource précieuse pour tous les États parties et les aide à se concentrer sur les objectifs essentiels de la Convention.

L'Unité d'appui à l'application de la Convention utilise différentes options. Premièrement, en travaillant directement avec les co-présidents et les co-rapporteurs des réunions intersessions des comités permanents ainsi qu'avec le Comité de coordination, l'Unité d'appui a favorisé une préparation minutieuse des rencontres des États parties et d'autres instances de débat. Deuxièmement, l'Unité d'appui a proposé aux États parties des idées sur la façon d'exploiter au mieux les mécanismes – formels et informels – établis sous l'égide de la Convention pour en faciliter l'application. L'Unité d'appui a notamment donné son avis sur la stratégie dite des « 4P » selon laquelle les États parties concernés doivent exposer les *problèmes* qu'ils rencontrent, leurs *plans* pour les résoudre, les *progrès* réalisés et les *priorités* qu'ils ont identifiées pour des mesures urgentes. Cela permet aux États parties qui sont en position de le faire, d'attribuer plus efficacement l'aide et les ressources en fonction des besoins. Troisièmement, mais tout aussi important, l'Unité d'appui à l'application de la Convention a permis aux États parties touchés par le problème de faire entendre leur voix sur les échanges de vues portant sur l'application de la Convention.

Lors de la première conférence d'examen, les États parties sont convenus de tenir chaque année une assemblée des États parties jusqu'à la deuxième conférence d'examen, en 2009, mais de réduire la durée des réunions intersessions (de deux semaines à une)<sup>6</sup> – ce qui traduit la maturité du processus d'éducation et de partage d'information entre tous les acteurs concernés.

Bien sûr, la participation de chacun et le partenariat ne peuvent suffire à garantir une application efficace de la Convention sans mobiliser les ressources nécessaires. Les États parties prennent très au sérieux l'obligation qui leur incombe en vertu de l'article 6 de fournir les ressources nécessaires à la mise en œuvre de la Convention. Chaque année, plus de 250 millions de dollars – fournis en grande majorité par des États parties à la Convention – sont consacrés aux activités de déminage.

La question de savoir comment garantir, à l'avenir, un tel niveau de ressources, ou du moins la possibilité de pourvoir aux besoins, a fait l'objet de grandes discussions juste avant la première

Conférence d'examen. Lors de la Conférence, les États parties ont reconnu que pour s'acquitter de leurs obligations pendant la période 2005-2009 et notamment pour appliquer le Plan d'action, il leur faudra prendre des engagements politiques, financiers et matériels majeurs. Pour ce faire, les États parties qui sont en mesure de le faire « s'acquitteront des obligations contractées en vertu de l'article 6 en répondant promptement aux appels émanant des États parties ayant besoin d'un appui » et tous les États parties « encourageront ceux qui, dans la communauté internationale, s'occupent de développement [...] à jouer un rôle sensiblement accru dans l'action antimine [...] »<sup>7</sup>. Intégrer l'action antimine dans les activités de développement, par exemple en l'insérant explicitement dans un plan de développement ou un plan de réduction de la pauvreté pour soutenir les objectifs de développement du millénaire, est indubitablement un objectif ambitieux pour les cinq prochaines années pour toutes les personnes engagées dans l'action antimine.

### ***L'application future de la Convention***

Alors que vient de s'achever la première conférence d'examen, les États parties à la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel pensent déjà à la prochaine, qui aura lieu dans 5 ans. D'ici là, une cinquantaine d'États auront atteint l'échéance fixée pour l'application du paragraphe 1 de l'article 5 qui les engage à « détruire toutes les mines antipersonnel dans les zones minées sous [leur] juridiction ou [leur] contrôle ». Leur tâche est colossale. Malgré les progrès au niveau du matériel et des techniques, la recherche-développement n'a pas encore trouvé une solution technique abordable pour que le processus lent et laborieux du déminage humanitaire ne soit plus qu'un mauvais souvenir.

En attendant, les trois mots d'ordre de la Convention, qui nous ont permis de progresser autant en si peu de temps – promotion, participation et partenariat – doivent continuer de retentir alors que nous nous battons collectivement pour faire cesser la tragédie des mines antipersonnel. Nous ne devons jamais employer la diplomatie « habituelle » : l'innovation et la flexibilité doivent continuer de caractériser les efforts pour faire respecter l'application de la Convention. L'assistance aux victimes, la sensibilisation aux dangers que représentent les mines, la destruction des stocks et les efforts toujours plus importants pour promouvoir l'universalisation de la Convention sont autant d'actions qui doivent être poursuivies inexorablement. Le Centre international de déminage humanitaire de Genève va poursuivre sa tâche qui consiste à aider la communauté internationale à réduire les conséquences des mines et des munitions non explosées. Comme il le fait depuis cinq ans, le Centre reste mobilisé pour soutenir les efforts impressionnants de la communauté internationale pour faire respecter la Convention sur l'interdiction des mines antipersonnel.

### ***Ambassadeur Stephan Nellen***

Directeur

Centre international de déminage humanitaire de Genève

### Notes

1. Le titre officiel du traité est le suivant : *Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction.*
2. Première Conférence des États parties chargée de l'examen de la Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, *Rapport final de la*

*Première Conférence des États parties chargée de l'examen de la Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, APLC/CONF/2004/5, Partie III, « Plan d'action de Nairobi, 2005-2009 : faire que cessent les souffrances causées par les mines antipersonnel », Nairobi, 3 décembre 2004.*

3. « Nous constatons avec une vive inquiétude que les mines antipersonnel continuent de faire des victimes, lesquelles perdent la vie ou sont mutilées et viennent s'ajouter aux centaines de milliers de rescapés qui auront toute leur vie besoin de soins. [...] Nous invitons les États qui ne se sont pas unis aux efforts que nous avons entrepris et en particulier ceux qui possèdent de vastes stocks de mines antipersonnel ou continuent d'employer cette arme insidieuse à adhérer sans plus tarder à la Convention ». Première Conférence des États parties chargée de l'examen de la Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, *Rapport final de la Première Conférence des États parties chargée de l'examen de la Convention sur l'interdiction de l'emploi, du stockage, de la production et du transfert des mines antipersonnel et sur leur destruction, APLC/CONF/2004/5, Partie IV, « Vers un monde sans mines : Déclaration de Nairobi de 2004 », Nairobi, 3 décembre 2004.*
4. Déclaration de l'Ambassadeur Wolfgang Petritsch, Président du Sommet de Nairobi, lors de la conférence de presse d'ouverture, Nairobi, 29 novembre 2004.
5. En réalité, le fait de soutenir la participation des différents pays implique certaines conditions : ceux qui bénéficient d'une assistance doivent, par exemple, exposer les progrès réalisés dans le sens de l'application de la Convention.
6. Première Conférence d'examen, op. cit.
7. Première Conférence d'examen, op. cit, Partie III.



## ACTUALITÉ DE L'UNIDIR

### ACTIVITÉ

#### *L'action européenne sur les armes légères, les armes de petit calibre et les résidus de guerre explosifs*

À la demande du Parlement européen et de la Commission européenne, l'UNIDIR entreprend l'étude sur « L'action européenne sur les armes légères, les armes de petit calibre et les résidus de guerre explosifs ».

Le projet s'inscrit dans le cadre de l'engagement récent de l'Union européenne (UE) dans des programmes portant sur les armes légères, les armes de petit calibre et les résidus de guerre explosifs dans certaines régions en conflit. Suite à la dernière vague d'élargissement, l'UE représente un groupe influent de 25 nations européennes. La Communauté européenne dispose d'un large éventail d'instruments pour promouvoir la réduction des armements et le désarmement. Les États membres de l'UE agissent de plus en plus de concert dans un certain nombre d'instances multilatérales de désarmement.

La première phase du projet consiste à faire le point et à analyser les activités entreprises au niveau mondial et au sein de l'Union européenne sur les armes légères, les armes de petit calibre et les résidus de guerre explosifs. Cette recherche déterminera les lacunes, les cumuls ou les divergences qui pourraient être améliorés par l'UE. La deuxième phase visera à définir un cadre conceptuel pour régler ces questions. La troisième phase sera la formulation de recommandations pour l'UE. Les conclusions de cette recherche seront présentées à l'UE lors d'une conférence, fin 2005. La quatrième phase de travail sera une étude de validation qui testera sur le terrain certains des résultats clefs de la recherche.

Le projet sera mené à bien au cours des 18 prochains mois, par une équipe de l'UNIDIR très motivée, qui travaillera étroitement avec le troisième partenaire du projet, International Security Information Service-Europe. Le projet profitera également des connaissances d'un certain nombre d'institutions spécialisées et d'instituts, qui proposeront des études sur des sujets précis intéressant l'UE.

---

Dans cette rubrique, nous mettons en avant une activité pour en présenter la méthodologie, les dernières avancées ou les résultats. Nous vous proposons également une description détaillée d'une nouvelle publication de l'Institut. N'oubliez pas que toutes les activités de l'UNIDIR sont présentées sur notre site web, avec les coordonnées des personnes responsables, et des extraits de nos publications, que vous pouvez commander en ligne < <http://www.unidir.org> > .

Pour plus de précision, veuillez vous adresser à :

***Arnhild Spence***

Chef de projet

Tél : +41 (0)22 917 21 17

Fax : +41 (0)22 917 01 76

E-mail : [aspence@unog.ch](mailto:aspence@unog.ch)

**NOUVELLE PUBLICATION**

***Implementing the United Nations Programme of Action on Small Arms and Light Weapons  
Analysis of the Reports Submitted by States in 2003***

En 2001, l'Assemblée générale des Nations Unies a demandé aux États Membres de soumettre leurs rapports au Secrétaire général pour suivre les progrès réalisés dans le sens de l'application du Programme d'action sur les armes légères et de petit calibre, adopté peu avant cette année-là. Ces rapports sont l'occasion pour les États de faire le point sur les progrès réalisés et sur les difficultés qu'il reste à résoudre.

Le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Département des affaires de désarmement de l'ONU, l'Institut des Nations Unies pour la recherche sur le désarmement (UNIDIR) et Small Arms Survey, ont analysé les rapports nationaux soumis en 2003 pour identifier les principales évolutions concernant l'application du Programme d'action et pour souligner les principales difficultés des États. C'est ce qui a été réalisé dans le cadre du projet intitulé « Développement de capacités pour établir les rapports sur l'application du Programme d'action sur les armes légères ».

L'étude s'intitule *Implementing the United Nations Programme of Action on Small Arms and Light Weapons: Analysis of the Report Submitted by States in 2003*. Elle a pour objectif de faire le point sur l'engagement actuel des États envers le Programme d'action et sur les différentes initiatives nationales, régionales et internationales en cours sur les armes légères, et de définir les points forts et les faiblesses de la procédure d'établissement des rapports.

Les résultats sont, dans l'ensemble, encourageants. Sur les 191 États Membres, 103 ont présenté un rapport annuel en 2003. Il ressort de ces rapports nationaux que des progrès considérables ont été enregistrés au niveau de l'application du Programme d'action, surtout dans les domaines de la législation nationale, de la collecte et de la destruction d'armes, et des activités de sensibilisation. La coopération régionale et internationale se développe et implique de plus en plus d'acteurs gouvernementaux, d'organisations régionales et internationales et de membres de la société civile. En outre, les rapports nationaux se sont révélés être une source précieuse pour l'échange d'information et constituent une référence importante pour les pays touchés par la prolifération d'armes légères et de petit calibre illicites ainsi que pour les pays qui financent les programmes de désarmement dans le monde.

Si les États veulent empêcher, combattre et éradiquer la menace que représentent les armes légères et de petit calibre illicites, ils doivent encore améliorer leurs efforts d'application. Pour y parvenir, une approche complète s'impose dans tous les domaines connexes, y compris pour les

dimensions nationales, régionales et mondiales. Cette publication favorise déjà la réflexion des États Membres pour trouver comment faire pour que leurs prochains rapports soient plus complets et améliorer ainsi l'application du Programme d'action.

***Implementing the United Nations Programme of Action on Small Arms and Light Weapons  
Analysis of the Reports Submitted by States in 2003***

Elli Kytömäki et Valerie Yankey-Wayne

UNIDIR, 2004

320 pages

ISBN 92-9045-166-1

N° de vente : GV.E.04.0.27

US\$ 34 (plus frais de traitement et d'expédition)

Disponible uniquement en anglais