

# *rapport final*

## Les impacts de la convergence technologique sur les accords de désarmement et de maîtrise des armements

ELISANDE NEXON – MGI PATRICE BINDER (2S)

---

---

Rapport n° 88/FRS/AKORDESARM du 31 janvier 2014

Marché n° 2012 1050146630 notifié le 8 octobre 2012  
Par lettre n° 6662/DEF/SGA/SPAC/SDA/BPPE

---

FONDATION  
*pour la* RECHERCHE  
STRATÉGIQUE



# SOMMAIRE

<b>SYNTHÈSE.....</b>	<b>9</b>
----------------------	----------

<b>CONVERGENCE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE .....</b>	<b>21</b>
--	-----------

<b>1 – CONVERGENCE : CONCEPT ET TECHNOLOGIES .....</b>	<b>21</b>
1.1 – Émergence du concept .....	21
1.2 – Exemples d’autres approches .....	22
1.3 – Le concept européen CTEKS .....	23
<b>2 – TECHNOLOGIES CONVERGENTES : LES NBIC .....</b>	<b>26</b>
2.1 – Nanotechnologies et nanosciences .....	26
2.2 – Biotechnologies .....	27
2.3 – Technologies de l’information.....	28
2.4 – Neurosciences – Sciences cognitives .....	28
<b>3 – CONVERGENCE ENTRE SCIENCES DE LA VIE ET CHIMIE .....</b>	<b>29</b>

<b>CONVERGENCES TECHNOLOGIQUES ET SANTÉ HUMAINE .....</b>	<b>31</b>
---	-----------

<b>1 – DÉTECTION DANS L’ENVIRONNEMENT ET SUIVI MÉDICAL INDIVIDUALISÉ .....</b>	<b>32</b>
1.1 – Détection d’agents chimiques ou biologiques dans l’environnement .....	33
1.2 – Suivi physiologique et médical .....	33
1.3 – Utilisations dans le domaine de la Défense et application à la maîtrise des armements .....	35
<b>2 – AMÉLIORATION DES PERFORMANCES HUMAINES.....</b>	<b>36</b>
2.1 – Augmentation des performances physiques .....	36
2.2 – Optimisation des performances cognitives et neurosciences.....	37
2.2.1 – Améliorations des connaissances sur le développement et le fonctionnement cérébral.....	37
2.2.2 – Emploi de substances ayant une action pharmacologique .....	38
2.2.3 – Interface Cerveau-Machine (ICM) .....	40
2.2.4 – Applications dans le domaine de la défense .....	43
2.3 – Enjeux et gouvernance .....	46
2.4 – Recommandation .....	48

**ARMES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES : IMPACTS DE LA CONVERGENCE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNOLOGIQUE SUR LES ACCORDS DE MAÎTRISE DES ARMEMENTS  
ET DÉSARMEMENT ..... 51**

<b>1 – CONVERGENCE ENTRE LES DEUX CONVENTION : FOCUS SUR QUELQUES TECHNOLOGIES ET APPLICATIONS.....</b>	<b>52</b>
1.1 – Biologie systémique.....	52
1.2 – Biologie de synthèse.....	53
1.3 – Autres méthodes de production de composés chimiques par des méthodes de production biologique .....	55
1.4 – Nanotechnologies .....	56
1.5 – Bio-informatique et outils computationnels.....	59
<b>2 – CONVENTION SUR L’INTERDICTION DES ARMES BIOLOGIQUES .....</b>	<b>60</b>
2.1 – L’examen périodique de la Convention et des avancées scientifiques et technologiques.....	61
2.1.1 – De la première Conférence d’examen (1980) à la sixième Conférence d’examen (2006).....	61
2.1.2 – Septième Conférence d’examen, 2011 .....	62
A.– Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....	62
B.– Déclarations nationales au début de la Conférence d’examen et déclarations des organisations internationales.....	67
C.– Documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d’examen ou en amont .....	73
D.– Déclarations faites par la société civile .....	75
E.– Déclaration finale.....	78
2.2 – Prise en compte des développements scientifiques et technologiques dans le cadre de la CIAB.....	79
2.2.1 – Articles de la Convention sur lesquels les développements scientifiques et technologiques peuvent avoir une incidence.....	79
2.2.2 – Mécanisme permettant l’évaluation des développements scientifiques et technologiques et de leur incidence sur la Convention.....	81
2.2.3 – États parties (et groupes d’États parties) ayant contribué à l’évaluation des développements scientifiques et technologiques.....	82
2.2.4 – États parties (et groupes d’États parties) mentionnant les questions liées aux développements scientifiques et technologiques dans leurs déclarations officielles au cours des Conférences d’examen .....	83
2.2.5 – États parties (et groupes d’États parties) ayant fait des propositions relatives à ces questions dans le cadre des Conférences d’examen.....	84
2.2.6 – L’implication de la société civile .....	85
2.2.7 – Questions de convergence .....	86

<b>3 – CONVENTION SUR L’INTERDICTION DES ARMES CHIMIQUES (CIAC) .....</b>	<b>87</b>
<b>3.1 – Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....</b>	<b>87</b>
<b>3.2 – Conférences d’examen .....</b>	<b>87</b>
3.2.1 – Première et deuxième Conférence d’examen (2003 et 2008) .....	87
3.2.2 – Troisième Conférence d’examen, 2013.....	87
A.– Examen du fonctionnement de la Convention depuis la première Conférence d’examen et rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques.....	87
B.– Déclarations officielles faites par les États parties pendant la Conférence d’examen.....	91
C.– Une session plénière dédiée aux aspects scientifiques et technologiques.....	96
D.– Rapport de la Troisième Session extraordinaire .....	97
<b>3.3 – Prise en compte des développements scientifiques et technologiques dans le cadre de la CIAC.....</b>	<b>98</b>
3.3.1 – Mécanisme permettant l’évaluation des développements scientifiques et technologiques et de leur incidence sur la Convention.....	98
3.3.2 – États parties (et groupes d’États parties) mentionnant les questions liées aux développements scientifiques et technologiques dans leurs déclarations officielles ou documents de travail au cours des Conférences d’examen .....	99
3.3.3 – Le rôle de la société civile .....	99
3.3.4 – Articles de la Convention sur lesquels les développements scientifiques et technologiques peuvent avoir une incidence.....	100
3.3.5 – Questions de convergence .....	100
<b>4 – CONVERGENCES ET IMPACTS POUR LA CIAB ET LA CIAC : OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1 – Convergence entre chimie et biologie .....</b>	<b>101</b>
4.1.1 – Évaluation des avancées scientifiques et technologiques .....	102
4.1.2 – Un rapprochement entre les deux Conventions .....	103
4.1.3 – Le rôle de la société civile .....	104
4.1.4 – Intervention de la France sur ces questions et recommandations .....	105
<b>MAÎTRISE DES ARMEMENTS CONVENTIONNELS ET CONVERGENCES TECHNOLOGIQUES....</b>	<b>109</b>
<b>1 – CONVERGENCE TECHNOLOGIQUE ET PRINCIPAUX TRAITÉS ET ACCORDS DE MAÎTRISE DES ARMEMENTS CONVENTIONNELS.....</b>	<b>109</b>
<b>2 – SYSTÈMES D’ARMES AUTONOMES.....</b>	<b>111</b>
2.1 – État de l’art.....	111
2.2 – Intérêts et risques .....	114
2.3 – Jus ad bello et droit des conflits armés.....	115
2.3.1 – Déclaration de Saint-Pétersbourg, 1868 .....	115
2.3.2 – Protocole additionnel I, 1977.....	116

<b>2.4 – Comment encadrer le développement et l’usage des systèmes d’armes autonomes ?</b> .....	<b>118</b>
2.4.1 – Mettre en place un moratoire .....	119
2.4.2 – Adopter un traité d’interdiction .....	120
2.4.3 – Réglementation non contraignante et mesures ad hoc .....	121
2.4.4 – Adapter la Convention sur l’interdiction ou la limitation de l’emploi de certaines armes classiques .....	122
<b>2.5 – Recommandations</b> .....	<b>124</b>

## **ANNEXE 1**

### **CONFÉRENCE D’INTERDICTION SUR LES ARMES BIOLOGIQUES (DE LA PREMIÈRE À LA SIXIÈME CONFÉRENCE D’EXAMEN) .....**

**125**

#### **Première Conférence d’examen, 1980 .....**

**125**

Proposition britannique .....

125

Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....

125

Document de travail transmis par les gouvernements dépositaires et points de vue des États parties .....

126

Déclaration finale .....

129

#### **Deuxième Conférence d’examen, 1986 .....**

**130**

Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....

130

Documents de travail transmis par les gouvernements dépositaires et points de vue des États parties.....

130

Documents de travail et propositions soumis par les États au cours de la Conférence d’examen .....

135

Déclaration finale .....

135

#### **Troisième Conférence d’examen, 1991 .....**

**135**

Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....

135

Documents de travail transmis par les gouvernements dépositaires et points de vue des États parties.....

136

Documents de travail soumis par les États au cours de la Conférence d’examen et lors de la Conférence plénière .....

141

Déclaration finale .....

142

#### **Quatrième Conférence d’examen, 1996 .....**

**143**

Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques .....

143

Documents de travail soumis par les États au cours de la Conférence d’examen et lors de la Conférence plénière .....

147

Déclaration finale .....

147

<b>Cinquième Conférence d'examen, 2001-2002</b> .....	<b>148</b>
Organisation du processus d'examen des développements scientifiques et techniques .....	148
Informations transmises par les États parties au Secrétariat .....	148
Déclarations nationales au début de la Conférence d'examen .....	150
Documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d'examen	151
Échec des négociations sur le protocole de vérification et ajournement de la Conférence d'examen .....	152
<b>Sixième Conférence d'examen, 2006</b> .....	<b>153</b>
Organisation du processus d'examen des développements scientifiques et techniques et informations transmises par les États parties .....	153
Déclarations nationales au début de la Conférence d'examen .....	158
Documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d'examen ou en amont.....	161
Déclaration finale .....	162
<b>ANNEXE 2</b>	
<b>PREMIÈRE ET DEUXIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN DE LA CIAC</b> .....	<b>165</b>
<b>Première Conférence d'examen, 2003</b> .....	<b>165</b>
Rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques .....	165
Déclarations et documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d'examen .....	165
Rapport de la Première Session extraordinaire .....	166
<b>Deuxième Conférence d'examen, 2008</b> .....	<b>166</b>
Examen du fonctionnement de la Convention depuis la première Conférence d'examen et rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques .....	166
Déclarations et documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d'examen .....	168
Rapport de la Deuxième Session extraordinaire .....	171
<b>ANNEXE 3</b>	
<b>COMPTE-RENDU DU SÉMINAIRE (20 FÉVRIER 2013)</b> .....	<b>173</b>

*Les points de vue exprimés sont ceux de la FRS et ne reflètent en rien ni la position de la Délégation aux Affaires Stratégiques, ni celles du Ministère de la Défense ou de l'Administration française.*



Dans le cadre de cette étude, un séminaire sur les convergences technologiques et leur impact sur les Conventions d'interdiction chimiques et biologiques a été organisé par la Fondation pour la Recherche Stratégique, pour le compte de la Délégation aux Affaires Stratégiques du ministère de la Défense. Il a été accueilli par l'Inserm (Compte rendu en annexe 3).

FONDATION *pour la* RECHERCHE STRATÉGIQUE

## Technological convergence: What impact for the Chemical and Biological Weapons Conventions?

*(Inserm, Paris, 20 February 2013)*



# Les impacts de la convergence technologique sur les accords de désarmement et de maîtrise des armements

## – Synthèse –

---

D'après une définition de la Commission européenne, les technologies convergentes peuvent être considérées comme « *des technologies et des systèmes de connaissance génériques qui se renforcent mutuellement dans un objectif commun* ». Considérant plus spécifiquement la convergence entre les sciences de la vie, les sciences physiques et l'ingénierie, un rapport du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) identifie ce phénomène de convergence comme la troisième révolution, après l'essor de la biologie moléculaire et cellulaire, puis celui de la génomique.

Si le concept de convergence est largement repris et cité, il existe des divergences en termes de définition et de portée, notamment entre les approches américaine et européenne. Les Américains ont imprimé une dynamique, avec la diffusion du rapport dit « NBIC » qui porte sur l'amélioration des performances humaines par la convergence entre nanotechnologies, biotechnologies, technologies de l'information et sciences cognitives. Il propose ainsi d'« *unifier la science* ». L'intégration et la synergie entre ces quatre grands domaines technologiques en émergence sont présentées comme ouvrant de nouvelles perspectives en termes d'amélioration des capacités physiques et intellectuelles humaines, de la société, de la productivité nationale et de la qualité de vie. L'Union européenne s'est dans la foulée également intéressée à la question des convergences technologiques. En réponse au rapport NBIC, la Commission européenne a mis en place un groupe d'experts de haut niveau, « *Foresighting the New Technology Wave* ». L'importance de la dimension militaire et la focalisation sur la recherche de l'amélioration des performances humaines ne sont pas retrouvées avec la même prédominance dans l'approche européenne, développée dans le rapport Nordmann. Le concept européen, exprimé par l'acronyme CTEKS (« *Converging Technologies for the European Knowledge Society* »), insiste sur la demande et les besoins sociétaux.

Au-delà des controverses en matière de conceptualisation, les technologies convergentes sont une source de progrès scientifiques et techniques, permettant d'envisager des sauts technologiques, mais les développements s'accompagnent néanmoins de défis en termes de sécurité et de sûreté, et donc de gouvernance. Accident, mésusage et double usage font partie des risques identifiés. Ce rapport porte plus spécifiquement sur trois grands domaines où les développements scientifiques et technologiques liés aux convergences sont sources de questionnements éthiques, juridiques et sociétaux, avec une incidence potentielle en matière de maîtrise des armements et pour la défense : la santé humaine et

l'amélioration des performances humaines physiques et cognitives, la non-prolifération et le désarmement chimique et biologique, et le développement de systèmes d'arme autonomes.

## **1 – Santé humaine et amélioration des performances physiques et cognitives**

L'exploitation et la combinaison de nouvelles technologies offrent la perspective d'une révolution en termes de préservation des capacités et de restauration, mais aussi d'amélioration des performances humaines, permettant par exemple d'envisager une augmentation de l'espérance de vie, mais aussi une amélioration des capacités physiques et/ou cognitives. Étape ultime, l'objectif n'est plus uniquement d'exploiter ces technologies par le biais d'outils, mais de les intégrer dans le corps humain. De nombreuses solutions, dont certaines existent déjà mais doivent encore être améliorées afin de pouvoir être exploitées concrètement, vont notamment bénéficier des progrès en matière de miniaturisation et d'identification des propriétés spécifiques des composants à l'échelle nanométrique.

Ces évolutions, pour celles qui se concrétiseront, pourront par exemple se traduire par une plus grande endurance, des capacités visuelles ou auditives améliorées, des temps de réaction plus courts, une meilleure productivité, une plus grande créativité ou encore une résistance accrue au stress. Ces différentes avancées représentent un intérêt indéniable pour les forces armées. Elles pourraient en effet avoir une incidence directe sur la capacité opérationnelle, avec des applications potentielles aussi diverses que :

- ⇒ Le suivi médical individuel des combattants ;
- ⇒ La prise en charge médico-psychologique, avec notamment la possibilité de restaurer une fonction après une atteinte à l'intégrité physique, voire psychique ;
- ⇒ L'optimisation du recrutement et de l'entraînement ;
- ⇒ L'amélioration des performances cognitives des opérateurs et des combattants ;
- ⇒ L'amélioration des performances physiques des combattants ;
- ⇒ Le guidage à distance de systèmes d'armes tels que des robots ou des drones.

En ce qui concerne les performances physiques, le recours à des dispositifs et outils externes conçus grâce aux convergences technologiques peut permettre d'améliorer ou restaurer certaines capacités. Il s'agit notamment de prothèses ou d'exosquelettes. La conception d'exosquelettes motorisés ayant des applications potentielles aussi bien dans le civil que dans le domaine militaire vise ainsi par exemple à pouvoir manipuler des charges lourdes. Dans les armées, les exosquelettes pourraient s'avérer particulièrement utiles pour les fantassins et les artilleurs, amenés à transporter du matériel ou des munitions. Ils vont en effet pouvoir permettre d'améliorer les capacités locomotrices et opérationnelles. Outre ces dispositifs externes, il faut également considérer des solutions invasives, comme par exemple des implants permettant d'améliorer la vision ou l'audition. Cette approche soulève cependant des questions éthiques du fait précisément du caractère invasif. Il s'agit en effet d'un acte chirurgical, avec les risques qui peuvent être associés.

L'amélioration des performances cognitives correspond au fait de chercher à améliorer chez des individus sains, donc en dehors de toute nécessité médicale, certaines fonctions cognitives telles que la perception, la mémoire, la vigilance, la concentration ou la prise de décision. L'essor des neurosciences, reposant sur une approche interdisciplinaire, a permis de faire considérablement progresser les connaissances sur le cerveau humain et les convergences avec les nano-biotechnologies, les sciences de l'ingénieur et l'informatique ont permis le développement de nouveaux outils et méthodes d'intervention au niveau cérébral. Les moyens et stratégies permettant d'augmenter les capacités cognitives sont de natures très diverses et les convergences technologiques ont contribué à élargir l'éventail de ces possibilités. Parmi ces moyens figurent par exemple l'éducation et l'entraînement mental, certaines substances pharmacologiques ou encore les interfaces cerveau-machine.

Les enjeux qui doivent être étudiés apparaissent de natures diverses – éthiques, juridiques, sociétaux, voire philosophiques – et vont être liés aux stades de développement des technologies. Des problématiques relevant de la maîtrise des armements peuvent être soulevées, de même que des questions relatives aux droits de l'Homme et portant sur l'intégrité et l'inviolabilité du corps humain. Lorsque les recherches ne portent plus uniquement sur l'amélioration des connaissances, mais visent au développement d'applications destinées à améliorer les performances humaines – par comparaison au fait de préserver ou restaurer des fonctions –, une étape est franchie et la question peut se poser différemment, d'un point de vue éthique, pour les chercheurs et les professionnels de santé impliqués. Les questions qui se posent lorsqu'il s'agit d'étudier la faisabilité d'intégrer des technologies au corps humain, avec notamment un recours à des solutions technologiques invasives ou partiellement invasives, ne sont pas propres à ce type de technologies, mais relèvent de la recherche biomédicale.

Au-delà de la phase de R&D, il faut également envisager comment les solutions technologiques seront employées, par qui et dans quel but. Leurs caractéristiques intrinsèques et les risques auxquels la personne pourrait être exposée, par exemple si l'usage s'inscrit dans la durée ou s'il s'agit d'un dispositif à caractère invasif nécessitant une intervention chirurgicale, vont bien évidemment avoir une incidence sur l'évaluation du rapport bénéfices / risques. Il faut de plus se poser la question en termes d'acceptabilité par les personnes dont les performances pourraient être augmentées, mais aussi par l'entourage et la population en général.

Les neurosciences sont plus particulièrement sources de préoccupations. En France, un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) souligne les extraordinaires avancées dans ce domaine et met en lumière les enjeux, tout en soulignant que ces progrès provoquent des tensions d'ordre éthique, philosophique, juridique et social. Le Comité National Consultatif d'Éthique pour les Sciences de la Vie et de la Santé (CCNE) a également rendu un avis sur les enjeux éthiques dans le cadre du recours à des techniques biomédicales en vue de « neuro-amélioration » chez la personne non malade. Il identifie deux questionnements majeurs, l'un portant sur la santé, la recherche, la médecine et la protection sociale, et l'autre sur la personne et la vie en société, concluant qu'une veille éthique s'imposait.

Si les projets de recherche dans ce domaine sont essentiellement axés sur l'optimisation des protocoles de stimulation permettant d'améliorer certaines capacités cognitives et sur leurs effets physiques secondaires, il faut également prendre en compte le risque que cette amélioration puisse en fait se faire au détriment d'autres fonctions cognitives. En

outre, les perspectives d'utiliser des implants cérébraux à des fins non médicales telles que la localisation, la surveillance, voire la possibilité d'influencer le comportement ou la prise de décision font redouter un risque de détournement à des fins malveillantes. Ces usages potentiels imposent d'envisager les conséquences en termes de dignité humaine et de respect de la vie privée, mais aussi de risques d'atteinte à l'identité personnelle et à l'autonomie.

Le caractère dual de ces recherches et technologies, avec des applications aussi bien civiles que militaires, doit être considéré et il faut envisager quel pourrait être leur impact d'un point de vue opérationnel, mais aussi en termes de maîtrise des armements. Cette analyse va dépendre des technologies considérées elles-mêmes, ainsi que des applications envisagées. Toute la question est d'évaluer si et surtout comment encadrer le développement de ces technologies sans pour autant brider l'innovation et la recherche.

Certaines avancées doivent déjà être considérées dans le cadre d'instruments internationaux existants, tandis que d'autres soulèvent de nouveaux questionnements et imposent de réfléchir à de nouveaux modes de gouvernance. Les implications potentielles des développements dans le domaine des neurosciences doivent ainsi être prises en compte dans le cadre de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques (CIAC), ainsi que de celle sur l'interdiction des armes biologiques (CIAB). En effet, s'il est possible d'améliorer les performances cognitives, il est également possible de chercher à obtenir l'effet inverse, c'est-à-dire la dégradation des performances de l'adversaire. L'emploi de substances biochimiques n'est cependant pas le seul moyen d'induire des perturbations au niveau du système nerveux central ou du système nerveux périphérique. Les développements dans le domaine des armes à énergie dirigée ne sont par exemple à l'heure actuelle pas encadrés.

Cependant, avant même de considérer les instruments internationaux existants ou qu'il faudrait négocier, il faut commencer par souligner l'importance des questions de responsabilité des scientifiques et de gouvernance appliquée à la recherche scientifique, même si ces sujets ne sont pas spécifiques aux domaines caractérisés par les convergences technologiques. Il faut noter à ce propos les débats portant sur les nanotechnologies ou la biologie de synthèse, montrant que la communauté scientifique est consciente des enjeux et des risques de dérives.

## ➔ **Recommandations**

**Recommandation 1 :** Étant donné les évolutions qui se profilent, d'après les travaux de recherche et les réflexions en cours, en particulier aux États-Unis, il apparaît important de participer à la réflexion normative concernant la question de l'amélioration des performances humaines, d'autant plus que la France dispose de capacités de recherche dans ce domaine. Ces recherches offrent de formidables perspectives, mais il faut aussi envisager les limites et les risques de dérive.

L'Académie des Sciences pourrait être chargée d'organiser cette réflexion qui doit impliquer des acteurs variés : scientifiques des différents domaines concernés par les développements (dont des pharmacologues, toxicologues, biochimistes, ingénieurs, etc.), médecins (dont des neurologues, psychiatres, neurochirurgiens, etc.), pharmaciens, représentants des ministères concernés (recherche, santé, défense, industrie, etc.), représentants des agences impliquées (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de

santé, Agence de la biomédecine, etc.), juristes, spécialistes d'éthiques (dont du CCNE), représentants de la société civile (dont du CICR, etc.), philosophes, etc.

Un certain nombre de questions méritent, entre autres, d'être examinées :

- ⇒ État des réflexions et programmes aux États-Unis et au niveau européen : quelles différences et quelles convergences ?
- ⇒ À partir d'une analyse bénéfices / risques, quelles sont les applications et les solutions technologiques qui paraissent réalisables à terme ?
- ⇒ En l'état actuel des connaissances, où peut-on définir la limite entre ce qui est acceptable ou non, en fonction de considérations d'éthique et de déontologie médicale ?
- ⇒ Est-ce que certaines applications pourraient poser un problème du point de vue du droit international humanitaire et dans quelle mesure ?
- ⇒ Qui pourrait bénéficier de ces améliorations ? Faudrait-il limiter l'accès à ces technologies une fois qu'elles seront développées ?
- ⇒ Quels sont les axes de recherche qui devraient être soutenus de manière prioritaire au niveau national ?

Un séminaire axé sur la question de l'amélioration des performances humaines pourrait être organisé et les résultats des travaux de réflexions publiés par l'Académie des Sciences sous forme d'un rapport.

## **2 – Non-prolifération et désarmement chimique et biologique**

Technologies émergentes et phénomènes de convergence peuvent avoir un impact en termes de dualité, avec le développement potentiel de biens à double usage. Considérant un usage militaire ou même détourné par des acteurs non étatiques des convergences scientifiques et technologiques, en particulier entre chimie et biologie, il convient d'évaluer périodiquement leur impact sur les instruments de désarmement et de maîtrise des armements. Elles peuvent en effet les affaiblir, voire les rendre obsolètes, avec le perfectionnement d'armes existantes ou le développement de nouvelles catégories d'armes. Les avancées relatives aux technologies convergentes peuvent également avoir une incidence sur les régimes de contrôle des exportations (groupes informels ou régimes communautaires, par exemple) et sur les mécanismes de contrôle nationaux, impliquant par exemple la nécessité de réévaluer et, le cas échéant, adapter les listes de contrôle des exportations de biens et technologies à double usage.

Ces avancées scientifiques et techniques peuvent également avoir des applications bénéfiques, contribuant à la mise en œuvre de certaines dispositions de la CIAC, incluant celles de l'annexe sur la vérification, et de la CIAB, voire du mécanisme d'enquête du Secrétaire général des Nations Unies en cas d'allégation d'emploi d'armes chimiques ou biologiques. Ces développements peuvent en effet permettre d'améliorer les méthodes de détection et d'identification d'agents chimiques ou biologiques, les diagnostics et contre-mesures médicales, les équipements de protection individuelle, ou encore les méthodes de décontamination.

Il y a une convergence croissante entre les sciences et technologies ayant une incidence pour ces deux Conventions, en particulier entre chimie et biologie. Cette observation est particulièrement évidente en ce qui concerne les technologies de production, avec

l'utilisation de processus biologiques ou à médiation biologique pour la fabrication de produits chimiques et la synthèse chimique de molécules ou systèmes biologiques. Les capacités de modelage, conception assistée par ordinateur et ingénierie d'enzymes augmentent, permettant la création de nouveaux biocatalyseurs pouvant être utilisés dans le cadre de la biologie de synthèse. Il y a également un développement rapide des capacités de manipulation et de modification d'organismes, avec les technologies de l'ADN recombinant et de la biologie de synthèse. Il faut de plus souligner l'impact des technologies habilitantes sur les phénomènes de convergence, avec par exemple les développements en matière de séquençage et synthèse de l'ADN ou les avancées concernant l'informatique et les outils computationnels. Il faut par ailleurs noter la convergence de la chimie et de la biologie avec les nanotechnologies.

Il n'y a cependant pas eu au cours de la dernière décennie d'avancée majeure qui aurait pu remettre en cause la portée des Conventions ou la nature des recherches. S'il ne semble pour l'heure ne pas y avoir encore de changement de paradigme, il faut néanmoins garder à l'esprit que des percées scientifiques pouvant avoir une incidence sur les Conventions pourraient survenir dans certains domaines. Dans cette perspective, le groupe de travail temporaire sur les convergences du Conseil scientifique consultatif de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC) a ainsi recommandé de suivre les avancées dans les domaines suivants : technologies de production, biologie systémique et de synthèse, nanotechnologies.

#### **Développements scientifiques et technologiques dans le contexte à la fois de la CIAC et de la CIAB : quelques points clefs**

##### **Tendances générales**

Phénomènes de convergences scientifiques et technologiques (en particulier convergence entre chimie et biologie)  
Amélioration des connaissances dans le domaine des sciences de la vie, en particulier sur les processus biologiques  
Dissémination des connaissances et des capacités  
Augmentation des flux tangibles et intangibles  
Rôle des médias et perception par la société

##### **Exemples d'avancées pouvant présenter un risque**

Meilleure compréhension des mécanismes d'action et des effets des agents chimiques (toxicité) et biologiques (pathogénicité, virulence, etc.)  
Mise au point de nouveaux agents chimiques et biologiques (en particulier de milieu de spectre, comme des toxines et des biorégulateurs)  
Amélioration des technologies de production (notamment, processus biologiques ou à médiation biologique pour la fabrication de produits chimiques et la synthèse chimique de molécules ou systèmes biologiques)  
Amélioration des techniques de dispersion et d'administration ciblée

##### **Domaines et disciplines intéressant les deux Conventions et devant plus particulièrement être pris en compte dans le cadre d'un suivi**

Technologies de production  
Biotechnologies, Biologie systémique et Biologie de synthèse  
Nanotechnologies  
Neurosciences



### Domaines de développements pouvant avoir des applications bénéfiques

Détection  
Diagnostics  
Identification  
Protection  
Prophylaxie et traitement curatif

### Technologies habilitantes

Séquençage et synthèse de l'ADN  
Technologies – omiques  
Biologie de synthèse  
Nanotechnologies  
Bioinformatique et outils computationnels

Sources : Rapport ; ISU ; Groupe de travail temporaire sur les convergences du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC ; J. Hart & R. Trapp, Science and technology and their impacts on the Biological and Toxin Weapons Convention (2011) ; OCDE, Perspective d'avenir pour la biotechnologie industrielle (2011).

Il apparaît évident que la convergence entre chimie et sciences de la vie a une incidence sur les deux Conventions. Il faut d'ailleurs rappeler que, si elles ne convergent pas elles-mêmes, ces Conventions se recouvrent partiellement et prennent toutes deux en compte certaines catégories de composés chimiques, en particulier les toxines et les biorégulateurs. Une coordination entre les deux régimes permettra notamment d'éviter que ces composés chimiques ne soient finalement pris en compte par aucun de ces instruments. Dans ce contexte de convergences, la nécessité d'opérer un rapprochement entre les deux régimes a été soulignée à de nombreuses reprises, dans les deux enceintes. Une convergence scientifique et technologique n'implique cependant pas une convergence juridique ou politique entre les différents traités.

Les CIAC et la CIAB incluent toutes deux un critère de destination générale, permettant de prendre en compte les futures avancées scientifiques et techniques. Ce ne sont donc pas les technologies mais les fins qui sont interdites. Étant donné les évolutions, il est cependant apparu indispensable de réaffirmer la portée respectivement des articles II et I de ces Conventions, en étudiant les conséquences potentielles de ces avancées. Si la problématique liée aux convergences est clairement identifiée, il s'avère néanmoins souvent difficile de déterminer de quelle façon le processus de mise en œuvre devrait être adapté.

Les mécanismes d'examen sont très différents entre les deux Conventions, la CIAC disposant d'un Conseil scientifique consultatif. En ce qui concerne la CIAB, l'ISU, dont il faut noter que les missions sont variées et l'équipe restreinte, est impliquée. Le principal changement concernant la CIAB a été l'introduction de la question des développements scientifiques et technologiques comme point permanent à l'agenda des réunions au cours du processus intersessions. Cette asymétrie entre les deux Conventions n'empêche cependant pas les échanges. Le groupe de travail temporaire sur la convergence du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC a d'ailleurs entre autres conclu qu'il serait souhaitable de mettre en place une approche structurée permettant d'avoir des contacts entre les deux Conventions.

Il est difficile de prédire la dynamique des développements scientifiques et technologiques dans des domaines marqués par l'incertitude, comme par exemple ceux des

biotechnologies et des nanotechnologies, et donc d'anticiper la survenue de percées. Ce constat peut conduire à une analyse à partir d'un modèle sociotechnique, par comparaison avec le modèle du déterminisme technologique souvent utilisé en matière d'évaluation de l'évolution des menaces biologiques et chimiques. Dans ce modèle, plus complexe, il faut prendre en compte des interactions entre technologies et société, en intégrant des éléments de contexte politiques, sociaux, économiques et scientifiques. L'émergence d'une nouvelle technologie pouvant avoir un usage dual ne signifie en effet pas qu'elle va être obligatoirement exploitée, voire détournée. De plus, tous les domaines n'évoluent pas au même rythme. La question est donc posée de savoir s'il faut traiter de la même manière tous les développements dans le cadre d'un processus d'examen ou s'il faut sélectionner des sujets devant être analysés de manière plus approfondie.

La prise en compte des convergences représente donc un véritable défi, impliquant également d'arriver à suivre les avancées dans des domaines qui n'étaient pas forcément suivis auparavant. Elle requiert par ailleurs une approche multidisciplinaire, afin de pouvoir appréhender les questions propres à chaque domaine. Il apparaît ainsi important que les États parties puissent s'appuyer sur l'expertise de spécialistes encore impliqués directement dans la recherche, non seulement dans le domaine des sciences et de la vie, mais également dans les autres domaines pouvant contribuer aux avancées scientifiques et technologiques intéressant les Conventions, étant donné les phénomènes de convergences. Ces derniers doivent par ailleurs être sensibilisés aux enjeux en matière de maîtrise des armements et de non-prolifération et donc sur les Conventions.

Plus globalement, il est important de mettre l'accent au niveau national sur l'importance des activités de sensibilisation et de formation à destination des scientifiques. Certains acteurs à l'origine de développements intéressant la Convention peuvent en effet ne pas avoir conscience des conséquences potentielles en termes de sécurité. Il peut par ailleurs s'avérer parfois difficile de trouver un équilibre entre diffusion de l'information scientifique et impératifs de sécurité. Il faut arriver à impliquer en amont, à sensibiliser et responsabiliser les futurs scientifiques. L'objectif de cette démarche qui s'inscrit dans la durée est d'arriver à avoir une influence sur le long terme et donc sur les pratiques scientifiques de ces futurs professionnels, avec le développement d'une culture de sécurité. Pour ce faire, il convient donc de trouver des moyens attractifs d'intéresser les étudiants des filières concernées.

## ➔ **Recommandations**

**Recommandation 2 :** Une évaluation des conséquences potentielles des avancées liées aux convergences scientifiques et technologiques implique de disposer d'un mécanisme de veille pérenne au niveau national, reposant sur une approche multidisciplinaire étant donné les phénomènes de convergence. Il ne semble pas opportun de créer une nouvelle structure dédiée, puisqu'il existe déjà des structures et comités possédant une expertise ciblée sur laquelle il est possible de s'appuyer (par exemple, Observatoire des micro- et nanotechnologies, Haut Conseil des Biotechnologies, futur Comité scientifique de surveillance pour la biosécurité, certains laboratoires universitaires ou sociétés scientifiques, etc.). Après une sensibilisation des interlocuteurs aux questions de sécurité, de prolifération et de maîtrise des armements, il s'agit plutôt d'organiser un mécanisme permettant une remontée de l'information, éventuellement de manière spontanée, et une collection de ces informations et évaluations. Un groupe de travail *ad hoc* multidisciplinaire, comprenant des représentants des différents ministères concernés et des



scientifiques encore impliqués dans des activités de recherche, serait responsable de la synthèse de ces informations et de la rédaction d'un rapport.

**Recommandation 3 :** Une réflexion sur la manière de faire du benchmarking sur les méthodes d'évaluation des risques scientifiques et technologiques et les critères d'évaluation pourrait être envisagée.

**Recommandation 4 :** L'organisation d'un séminaire annuel (sur le modèle de celui organisé par la Fondation pour la Recherche Stratégique pour le compte de la Délégation aux Affaires stratégiques en février 2013, mais en l'ouvrant plus largement) pourrait contribuer à rassembler et sensibiliser des acteurs de domaines très différents, dont certains n'étaient jusqu'à présent que peu concernés par ces questions de sécurité et prolifération. Ce séminaire pourrait contribuer à l'exercice d'évaluation.

**Recommandation 5 :** Lors des prochaines Conférences d'examen de la CIAB et de la CIAC, la France pourrait contribuer à l'examen des développements scientifiques et techniques en soumettant sa propre évaluation des avancées scientifiques et technologiques et de leur impact sur les Conventions, en insistant sur les phénomènes de convergence.

**Recommandation 6 :** La responsabilisation des parties prenantes représente un axe d'efforts important, comme le souligne la proposition de la France lors de la dernière Conférence d'examen de la CIAB. Afin de favoriser l'information des scientifiques et autres parties prenantes, une page internet dédiée aux questions de sécurité associées aux développements scientifiques et technologiques, en insistant sur les questions de convergence, pourrait être mise en place (par exemple, sur le site du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche). Afin d'aider les démarches de sensibilisation, de formation, ou de mise en place de plan de gestion des risques, des supports pédagogiques pourraient être mis à disposition, dans le but d'aider les enseignants ou les personnels (par exemple, diaporamas et fiches synthétiques de présentation des objectifs des Conventions, de la législation nationale, organismes à contacter le cas échéant, etc.).

Afin de tenir les communautés scientifiques et académiques informées sur ces questions, une newsletter annuelle ou bisannuelle pourrait être envoyée par le biais des associations professionnelles et des sociétés scientifiques pertinentes, après une démarche de sensibilisation auprès des interlocuteurs dans ces structures (évolutions législatives, initiatives en matière de formation, focus sur un exemple, etc.).

**Recommandation 7 :** Suivant la proposition de mécanisme de revue par les pairs pour la CIAB faite par la France à la dernière Conférence d'examen, le ministère des Affaires étrangères a organisé, avec la collaboration de la Fondation pour la Recherche Stratégique, un exercice pilote en décembre 2013. Si ce type d'exercice est renouvelé, une présentation de la mise en œuvre des mesures visant à la responsabilisation des parties prenantes pourrait être organisée.

**Recommandation 8 :** Si la France a toujours été particulièrement impliquée dans les activités de coopération scientifique et de recherche, l'émergence du concept de diplomatie scientifique, reposant sur la reconnaissance de l'importance de la science dans l'action diplomatique, a incité à engager une réflexion approfondie afin de développer une véritable stratégie. Il peut s'avérer intéressant d'engager une réflexion plus

spécifique sur la manière d'articuler la mise en œuvre des articles X et XI, respectivement de la CIAB et de la CIAC, avec cette stratégie.

### **3 – Systèmes d'armes autonomes**

Les systèmes d'armes autonomes peuvent être définis comme des systèmes qui, une fois activés, peuvent sélectionner et engager des cibles pouvant être humaines sans intervention d'un opérateur extérieur. Les conséquences d'une action pourraient être létales et ces systèmes d'armes sont parfois également appelés « robots létaux autonomes » (RLA) ou « robots tueurs ».

Les développements portant sur les systèmes d'armes autonomes sont rapides, liés en particulier aux avancées dans le domaine de l'intelligence artificielle et de la robotique. Il reste toutefois assez difficile d'évaluer le niveau d'avancement des programmes de R&D, étant donné les impératifs de sécurité nationale et de confidentialité. Aucun système entièrement autonome n'a pour le moment encore été déployé sur le terrain. En revanche, il existe déjà des systèmes dotés de fonctions caractérisées par un certain niveau d'autonomie et pouvant présenter un caractère létaux. Des pays comme les États-Unis, la Corée du Sud, Israël, le Japon et le Royaume-Uni, ont en effet développé de tels systèmes et, pour certains, les utilisent en conditions opérationnelles. La Chine et la Russie auraient également des programmes de développement.

L'introduction sur le champ de bataille des systèmes d'armes autonomes risque de modifier significativement la conduite de la guerre, sans qu'il soit encore possible d'évaluer complètement la portée de cette évolution, si elle survient. Le recours à des machines autonomes à la place des combattants, limitant les risques de pertes humaines, ne pourrait-il ainsi pas être susceptible de faciliter le déclenchement des conflits, en modifiant les enjeux et les équilibres de force ? La performance de ces systèmes ne serait certes pas affectée par des sentiments tels que la peur ou la colère, ce qui pourrait permettre de préserver des vies. Mais ces systèmes ne pourraient néanmoins vraisemblablement pas non plus adapter leur réponse par compassion ou par reconnaissance d'un changement des circonstances, comme pourrait le faire un être humain.

À ce stade, il semble difficile de s'opposer à une évolution vers des systèmes d'arme ayant plus d'autonomie. Il faut donc étudier la licéité de ces armes et de leur emploi au regard du droit des conflits armés ou droit international humanitaire (DIH), et en premier lieu s'il est possible de garantir le respect des principes humanitaires consacrés par ce droit et, le cas échéant, dans quelles conditions. L'emploi d'armes de quelque nature qu'elles soient au cours d'un conflit armé doit en effet respecter deux principes fondamentaux régissant la protection de la population civile contre les effets des hostilités : discrimination et proportionnalité. Il s'avère important de poser cette question suffisamment en amont au cours du processus de R&D, sans forcément attendre de savoir quelles solutions technologiques vont être adoptées, puisqu'il va y avoir une incidence directe sur la conception même des systèmes d'armes, notamment en prenant en compte la complexité de développer des algorithmes qui devraient permettre de garantir le respect de ces deux principes. L'identification de la responsabilité en cas de violation des règles du droit des conflits armés représente par ailleurs une problématique à part entière.

Il n'existe pour l'heure pas d'instrument multilatéral dédié ou de règles spécifiques qui permettraient d'encadrer le développement et l'usage des systèmes d'armes autonomes.

La manière dont les développements technologiques concourant à la conception de ces armes et leurs usages potentiels doivent être encadrés fait l'objet de controverses. Les aspects éthiques et juridiques liés à l'emploi de telles armes doivent faire l'objet d'une discussion approfondie, en nuancant en fonction des différents usages identifiés et en intégrant la spécificité des contextes d'emploi. Les questions juridiques par rapport au droit international humanitaire ne sont en effet pas tant liées à la nature de ces armes qu'au fait de substituer des machines à l'être humain pour accomplir des actes de guerre, incluant le fait de tuer. Dans ce contexte, plusieurs options peuvent ainsi être envisagées, de l'absence de mesures d'encadrement à l'interdiction complète de ces armes. Parmi ces options figurent également par exemple la mise en place d'un moratoire, l'adoption d'une réglementation juridiquement non contraignante et de mesures *ad hoc*, avec la promotion d'une démarche d'auto-gouvernance, ou encore l'adaptation de la Convention sur l'interdiction ou la limitation de l'emploi de certaines armes classiques (CCAC).

Clarifier les termes du débat concernant la question des robots létaux pleinement autonomes, portant sur des technologies qui ne sont pas encore abouties et qui sont duales, apparaît comme une nécessité. La France fait ainsi partie des pays qui se sont montrés particulièrement actifs en 2013, avec plusieurs interventions publiques à ce sujet dans les enceintes internationales, ainsi qu'avec l'organisation d'un séminaire dédié en septembre 2013. Elle a soutenu la position de l'Union européenne, qui précise notamment que l'emploi de ces armes est effectivement régi par le droit international humanitaire et que cette problématique devrait donc être débattue dans des enceintes des Nations Unies pertinentes en matière de maîtrise des armements. La France a suggéré que la CCAC représentait le forum approprié pour étudier cette question, permettant de rassembler les compétences légales, techniques et militaires nécessaires. Elle a d'ailleurs été à l'initiative de la décision d'engager des travaux portant sur les systèmes d'armes létaux autonomes, prise par les pays participants à cette Convention au vu des enjeux techniques, juridiques et éthiques.

## ➔ **Recommandations**

**Recommandation 9 :** La France a montré qu'elle était particulièrement active sur cette question. Il apparaît important qu'elle continue de participer activement à la réflexion normative en amont, alors que les technologies ne sont pas encore matures. Organiser un séminaire international à Paris, en fonction des résultats de la réunion informelle de mai 2014, pourrait permettre de continuer à promouvoir les discussions sur cette thématique.

**Recommandation 10 :** Il n'existe pas de systèmes qui soient entièrement autonomes à l'heure actuelle. Néanmoins, étant donné les implications en termes de recherche et développement, mais aussi potentiellement de conduite des opérations à terme, le ministère de la Défense pourrait commander une étude prospective portant sur les systèmes d'armes létaux autonomes, axée plus spécifiquement sur les aspects technologiques (maturité) et les aspects juridiques.





# Convergence scientifique et technologique

---

## 1 – Convergence : concept et technologies

### 1.1 – *Émergence du concept*

Le concept de convergence est apparu à la fin des années 1990 (Canton, 1999), même si le développement de synergies et l'interdisciplinarité existent depuis longtemps. Dans la synthèse d'un workshop sur les implications sociétales des nanosciences et des nanotechnologies, publiée en 2001, Rocco et Bainbridge avaient postulé que :

*« Une révolution est en train de survenir dans les sciences et technologies, fondée sur la capacité récemment acquise de mesurer, manipuler et organiser la matière à l'échelle nanométrique – 1 à 100 millièmes de mètre. À l'échelle nanométrique, la physique, la chimie, la biologie, la science des matériaux et l'ingénierie convergent vers les mêmes principes et outils. Il en résulte que les progrès dans les nanosciences vont avoir un impact très important »<sup>1</sup>.*

La notion de convergence technologique semble cependant avoir été plus largement introduite avec la diffusion par la *National Science Foundation* (NSF) du rapport d'un think tank, la *World Technology Evaluation Center* (WTEC)<sup>2</sup>. Ce rapport, appelé rapport NBIC, porte sur l'amélioration des performances humaines par la convergence entre les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives. Il propose ainsi d'« unifier la science ». L'intégration et la synergie entre ces quatre grands domaines technologiques en émergence sont présentées comme ouvrant de nouvelles perspectives en termes d'amélioration des capacités physiques et intellectuelles humaines, de la société, de la productivité nationale et de la qualité de vie (Roco & Bainbridge, 2002). La convergence NBIC fait partie des thématiques développées par le mouvement transhumaniste, qui prône l'amélioration de l'individu grâce aux sciences et techniques.

De nombreux champs d'application peuvent être envisagés, par exemple en ce qui concerne la production d'énergie renouvelable, la mise au point de nouveaux matériaux plus résistants, l'interface homme-machine, le développement de traitements thérapeutiques, de modes de vectorisation plus efficaces, de capteurs et senseurs plus performants, ou encore la décontamination de l'environnement.

---

<sup>1</sup> Traduction non officielle.

<sup>2</sup> Roco M., Bainbridge W. (eds), *Converging technology for improving human performance*, Kluwer Academic Dordrecht: Publisher (maintenant Springer). 2003.  
[http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf)

Des enjeux politiques ou commerciaux ont ainsi pu sous-tendre la caractérisation du processus de convergence, avec par exemple une approche focalisée sur les aspects technologiques dans le rapport du WTEC, dans un contexte où l'objectif pouvait être de convaincre les parlementaires américains d'allouer des crédits pour la recherche dans ce domaine. À partir de l'analyse des rapports américains sur les nanotechnologies, J. Schummer soutient ainsi l'idée d'un concept téléologique, avec donc une notion de finalité et d'objectifs à atteindre, et non d'un concept qui décrirait ou envisagerait des développements (Schummer, 2009).

S'il existe des controverses quant à la conceptualisation<sup>3</sup>, les progrès scientifiques et techniques – et les défis afférents – restent cependant réels. Ces innovations imposent en effet d'évaluer les questions éthiques et d'acceptabilité sociale, mais aussi les risques tant pour la santé humaine que pour l'environnement.

## 1.2 – Exemples d'autres approches

À titre de comparaison, ETC group (canadien), qui se présente comme un groupe d'action sur l'érosion, la technologie et la conservation, propose une variante pour expliciter les convergences technologiques en une plate-forme technologique unique, avec BANG (*Bits, Atoms, Neurons and Genes*)<sup>4</sup>. Dédié à la conservation et à l'avancement durable de la diversité culturelle et écologique ainsi qu'aux droits de la personne, ce groupe prône ainsi l'évaluation des technologies selon le principe de précaution, afin de déterminer les impacts sociétaux et environnementaux. Il s'intéresse notamment aux questions de gouvernance et de contrôle de ces technologies.

D'après une définition de la Commission européenne, les technologies convergentes peuvent être considérées comme « des technologies et des systèmes de connaissance génériques qui se renforcent mutuellement dans un objectif commun ». L'approche européenne, plus prudente et s'inscrivant dans la perspective d'un développement économique et social, intégrant l'évaluation des risques, diffère de celle de la NSF, particulièrement axée sur l'amélioration des performances humaines. Les grandes lignes de cette vision européenne sont exposées dans le rapport Nordmann<sup>5</sup> (Voir paragraphe ci-dessous).

---

<sup>3</sup> Schummer J., « From Nano-Convergence to NBIC-Convergence: 'The best way to predict the future is to create it' », in: Mario Kaiser, Monika Kurath, Sabine Maasen & Christoph Rehmann-Sutter (eds.): *Governing Future Technologies: Nanotechnology and the Rise of an Assessment Regime*, Berlin-Heidelberg: Springer (*Sociology of the Sciences Yearbook*, Vol. 27) 2009, pp. 57-71.

<sup>4</sup> ETC Group. *The big downturn? Nanogeopolitics*. 2010. <http://www.etcgroup.org/en/node/5245>

<sup>5</sup> Nordmann A., *Converging technologies – Shaping the future of European societies (European Commission Research)*. 2004.

### 1.3 – Le concept européen CTEKS

Il faut noter que, si le concept de convergence est largement repris et cité, il peut cependant y avoir des divergences en termes de définition et de portée, notamment entre les approches américaine et européenne<sup>6</sup>. Les Américains ont imprimé une dynamique. L'Union européenne s'est dans la foulée également intéressée à la question des convergences technologiques. En réponse au rapport NBIC américain, la Commission européenne a mis en place un groupe d'experts de haut niveau, « *Foresighting the New Technology Wave* ». L'importance de la dimension militaire et la focalisation sur la recherche de l'amélioration des performances humaines ne sont pas retrouvées avec la même prédominance dans l'approche européenne. Le concept européen, exprimé par l'acronyme CTEKS (« *Converging Technologies for the European Knowledge Society* »), insiste sur la demande et les besoins sociétaux. Cette approche est développée dans le rapport Nordmann, publié en 2004. Le groupe d'experts a défini les technologies convergentes de manière à suggérer les opportunités résultantes pour la R&D au niveau européen :

« *Enabling technologies and knowledge systems that enable each other in the pursuit of a common goal* ».

Les convergences technologiques représentent du point de vue européen « des défis et des opportunités en termes de recherche et de gouvernance, permettant une intégration des potentiels technologiques, une reconnaissance des limites ainsi que des besoins au niveau européen, des opportunités économiques et des intérêts scientifiques ». L'approche CTEKS définit des priorités, orientant ces technologies vers des objectifs communs. D'après le rapport Nordmann, la définition des agendas de recherche relatifs aux CTEKS doit représenter un outil de politique scientifique permettant d'apporter des solutions aux enjeux définis dans la Déclaration du millénaire adoptée par le Conseil de l'Europe à Helsinki, en décembre 1999, et qui stipule que l'Union européenne doit concentrer son action sur les tâches capitales pour la sécurité et le bien-être de ses peuples<sup>7</sup> :

- ⇒ Subvenir aux besoins d'une population vieillissante, tout en répondant aux attentes de la jeune génération ;
- ⇒ Développer les ressources grâce à l'innovation, ainsi qu'à l'éducation et la formation tout au long de la vie ;
- ⇒ Promouvoir une économie européenne dynamique et ouverte fondée sur la connaissance pour garantir la croissance et faire reculer durablement le chômage ;
- ⇒ Lutter contre la dégradation de l'environnement, tant au niveau local que planétaire ;
- ⇒ Faire du développement durable une réalité et garantir aux générations futures une meilleure qualité de vie ;

---

<sup>6</sup> Andler D & al., *Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. An analysis of critical issues and a suggestion for a research agenda. Final Report (FP6)*, 2008.

<sup>7</sup> Annexe I des Conclusions de la présidence, Conseil européen d'Helsinki, 10 et 11 décembre 1999.  
[http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/fr/ec/00300-r1.f9.htm](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/fr/ec/00300-r1.f9.htm)



- ⇒ Protéger contre la criminalité ;
- ⇒ Favoriser le bien-être, prévenir les conflits et maintenir la paix dans le monde ;
- ⇒ Œuvrer en faveur d'une économie internationale plus ouverte et plus stable, qui profite aux peuples des régions moins favorisées ;
- ⇒ Doter l'Union de capacités militaires et civiles afin de gérer les crises internationales et d'apporter une aide humanitaire.

Les agendas de recherche devaient aussi permettre de mettre en œuvre la stratégie de Lisbonne, initiée lors du Conseil européen de Lisbonne en mars 2000 et qui a pour objectif de faire de l'Union européenne « *l'économie de connaissance la plus compétitive et la plus dynamique au monde* ». Les objectifs ont été révisés en 2005 et 2010, mais le bilan de cette stratégie, qui s'est achevée en 2010, reste contrasté et mitigé.

Les efforts dans le domaine des CTEKS s'inscrivent parfaitement dans la logique de la stratégie de l'Union européenne Europe 2020 et de l'initiative « Une Union de l'innovation ». La promotion de la croissance, la création d'emploi et l'accroissement de la prospérité reposent sur l'innovation et la recherche. Dans ce contexte, le programme-cadre pour la recherche et l'innovation, « Horizon 2020 », doit être un outil clef pour la mise en œuvre de cette initiative « Une Union de l'innovation ». Les États membres sont incités à investir 3 % de leur PIB dans la R&D d'ici 2020, avec une répartition entre financements publics (1 %) et investissements par le secteur privé (2 %).

Trois priorités ont été identifiées dans « Horizon 2020 », à savoir l'excellence scientifique, la primauté industrielle et les défis de société. Elles correspondent aux priorités de la stratégie Europe 2020 et de l'initiative. Si le terme de convergence ne figure pas dans le texte du programme-cadre, les technologies convergentes sont cependant directement concernées. En effet, il précise qu'atteindre les objectifs fixés implique, entre autres de :

- ⇒ Financer la recherche collaborative afin d'ouvrir de nouveaux domaines de recherche et d'innovation prometteurs grâce au soutien aux « *Technologies futures et émergentes* » (FET) (Excellence scientifique) ;
- ⇒ Parvenir à une *primauté dans le domaine des technologies génériques et industrielles*, avec un soutien qui concerne plus particulièrement les TIC, les nanotechnologies, les matériaux avancés, les biotechnologies, les systèmes de fabrication et de traitement avancés, et l'espace, tout en apportant aussi un appui aux actions transversales, afin de tirer parti des avantages cumulés résultant de la combinaison de plusieurs technologies clés génériques (Primauté industrielle) ;
- ⇒ Mettre en œuvre une approche axée sur les défis à relever, en mobilisant des ressources et des connaissances couvrant plusieurs domaines, technologies et disciplines scientifiques, y compris les sciences sociales et humaines<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Commission Européenne. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen des régions. Programme-cadre pour la recherche et l'innovation « Horizon 2020 ». 30 novembre 2011.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0808:FIN:fr:PDF>



Le programme-cadre identifie comme enjeux devant faire l'objet de financement *la santé, l'évolution démographique et le bien-être ; la sécurité alimentaire, l'agriculture durable, la recherche marine et maritime et la bioéconomie ; les énergies sûres, propres et efficaces ; les transports intelligents, verts et intégrés ; la lutte contre le changement climatique, l'utilisation efficace des ressources et les matières premières ; et des sociétés inclusives, novatrices et sûres.*

Les nanosciences pourraient être considérées comme représentant déjà une convergence de domaines, mais ce n'est pas cette approche qui prévaut. La notion de technologies clefs génériques (*Key Enabling Technologies* ou KET) est celle qui est retenue, ces technologies étant habilitantes d'un point de vue conceptuel pour la réalisation d'avancées dans d'autres domaines technologiques. Chacune de ces technologies correspond à une innovation technologique, mais le bénéfice cumulé résultant de l'exploitation de ces technologies clefs génériques, ainsi que d'autres technologies génériques industrielles, et leur combinaison peut être à l'origine d'un saut technologique<sup>9</sup>.

Dans cette optique, les nanotechnologies, mais aussi les biotechnologies, et les technologies de l'information sont donc considérées comme des technologies clefs génériques. Les sciences cognitives, les sciences de l'environnement, la théorie des systèmes ou les sciences sociales font également parties des technologies habilitantes et des systèmes de connaissance<sup>10</sup>.

Considérant les KET, la Commission européenne a adopté le 30 septembre 2009 une communication intitulée « *Préparer notre futur : développer une stratégie commune pour les technologies clés génériques dans l'Union européenne* », identifiant six technologies génériques clefs (micro-nanoélectronique, matériaux avancés, nanotechnologies, biotechnologies, photonique et systèmes avancés de production). Elle a ensuite instauré en juillet 2010 un groupe d'experts de haut niveau (*High-Level Group on KET*). Les recommandations formulées par ce groupe ont conduit à ce que les KET fassent l'objet d'un traitement prioritaire dans le cadre d'« Horizon 2020 », avec notamment l'allocation d'un budget de 6 663 millions d'euros. De plus, un soutien spécifique sera accordé aux activités qui incorporent plusieurs de ces technologies génériques, comme les projets pilotes et démonstrations à grande échelle.

---

<sup>9</sup> Conseil de l'Union européenne. Proposition de décision du Conseil établissant le programme spécifique d'exécution du programme-cadre pour la recherche et l'innovation "Horizon 2020" (2014-2020) – Orientation générale partielle. 12 décembre 2012.  
[http://www.eurosfairer.prd.fr/7pc/doc/1357139881\\_17633\\_12.pdf](http://www.eurosfairer.prd.fr/7pc/doc/1357139881_17633_12.pdf)

<sup>10</sup> Andler D. & al., *Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. An analysis of critical issues and a suggestion for a research agenda*. Final Report (FP6), 2008.  
<http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/124377001EN6.pdf>

## 2 – Technologies convergentes : les NBIC

Initialement appliqué aux nanotechnologies, avec la nano-convergence, ce concept de convergence a été élargi et est ainsi désormais souvent associé aux NBIC, bien que d'autres types de convergences puissent être identifiés. Cette approche a ainsi été retenue pour le projet européen KNOWLEDGE NBIC, financé dans le cadre du FP6 et dédié à l'étude des implications politiques, sociales et éthiques liées aux convergences technologiques<sup>11</sup>.



### 2.1 – **Nanotechnologies et nanosciences**

Les nanotechnologies, qui renvoient à l'échelle nanométrique ( $10^{-9}$ m), représentent l'un des principaux domaines d'innovation à l'heure actuelle, avec de nombreux champs d'application civils ou militaires. L'importance de la maîtrise des technologies à l'échelle nanométrique est clairement exprimée dans la stratégie américaine.

Les nanosciences correspondent à l'étude de la composition de la matière, de son assemblage et de ses propriétés intimes à l'échelle du nanomètre<sup>12</sup>.

Il existe de nombreuses définitions de cette famille technologique. Pour la *National Technology Initiative*, il s'agit d'un champ « concernant la recherche et la mise au point de technologies à l'échelle atomique, moléculaire et macromoléculaire dans une fourchette comprise entre 1 et 100 nm environ, pour obtenir une connaissance fondamentale des phénomènes et des matériaux à l'échelle nanométrique ainsi que pour concevoir et mettre à profit des structures, des dispositifs et des systèmes ayant des propriétés et des fonctions nouvelles en raison de leur petite taille ou de leur taille moyenne »<sup>13</sup>. Les propriétés à l'échelle nanométrique peuvent différer de ce qui peut être observé lors des recherches menées à une échelle plus grande. La distinction entre recherche fondamentale et recherche appliquée devient plus floue.

Deux approches existent en matière de nanotechnologies :

- ➔ Une approche « *bottom-up* », dans laquelle les systèmes et matériaux sont formés à partir de composants moléculaires ;
- ➔ Une approche « *top-down* », dans laquelle ils sont obtenus à partir d'entités plus larges.

<sup>11</sup> [www.converging-technologies.org](http://www.converging-technologies.org) – Ce projet, initié en 2006, a été achevé en 2012.

<sup>12</sup> *Le nanomonde*, Livret thématique n°18, CEA.

<sup>13</sup> *Éthique et politique des nanotechnologies*, UNESCO, 2007.

Par ailleurs, les éléments à l'échelle nanométrique peuvent ensuite être intégrés dans des composants ou systèmes de plus grandes tailles.

## 2.2 – **Biotechnologies**

L'histoire des biotechnologies n'est pas récente, leur utilisation ayant d'abord été empirique, avec par exemple l'emploi de la fermentation, due à des micro-organismes transformant les matières premières, pour la préparation du pain et de la bière. Mais son évolution a été accélérée par la découverte de nouvelles techniques, dont la recombinaison génétique, l'immortalisation cellulaire et la synthèse peptidique, conduisant à parler de nouvelles biotechnologies. Celles-ci sont caractérisées par une convergence accrue et une interdisciplinarité, avec l'exploitation de connaissances provenant de différents domaines scientifiques<sup>14</sup>.

Depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, des avancées majeures dans le domaine des sciences de la vie ont ouvert de nouvelles perspectives dans le cadre des programmes militaires, en particulier des programmes biologiques offensifs. La bactériologie, avec en particulier les travaux de Pasteur et Koch qui ont développé les concepts de maladie microbienne, d'immunité et de vaccination, a ainsi représenté un apport déterminant. De même l'aérobiologie, science ayant pour objet l'étude des particules biologiques en suspension dans l'air, a permis d'étudier les phénomènes de dispersion par aérosols d'agents biologiques infectieux ou non<sup>15</sup>. L'ingénierie génétique (ou génie génétique), qui utilise la technologie de l'ADN recombinant, fait enfin également partie de ces avancées significatives qui ont été exploitées dans les programmes offensifs<sup>16</sup>. Elles ont été rendues possibles par la découverte de la structure hélicoïdale de l'ADN par Watson et Crick en 1953, ainsi que par celle des enzymes de restriction.

D'après l'OCDE, les **biotechnologies** peuvent être définies comme « *l'application de la science et de la technologie aux organismes vivants à d'autres matériaux vivants ou non vivants, pour la production de savoir, biens et services* ». Elles recouvrent ainsi l'ensemble des techniques ou méthodes qui utilisent des éléments du vivant afin de produire des biens ou des services.

De nombreux champs d'application peuvent être envisagés, par exemple en ce qui concerne la production d'énergie renouvelable, le développement de traitements thérapeutiques, ou la décontamination de l'environnement. Les perspectives ouvertes par les avancées dans le domaine des biotechnologies ne doivent cependant pas faire négliger les risques potentiels et l'importance d'une réflexion impliquant les différents acteurs publics et privés.

---

<sup>14</sup> Desmetre P., « La biotechnologie a-t-elle un avenir ? », *Revue scientifique et technique de l'Office international des épizooties*, 1987;6(1):163-73.

<sup>15</sup> Roy C., Reed D., Hutt A., « Aerobiology and inhalation exposure to biological select agents and toxins », *Veterinary Pathology Online*, 2010;47(5):779-89.

<sup>16</sup> Dando M., « The impact of the development of modern biology and medicine on the evolution of offensive biological warfare programs in the twentieth century », *Defense Analysis*, 1999;15(1):43-62.

L'essor des biotechnologies est souvent qualifié de révolution scientifique et technique. Dans ce contexte, deux développements scientifiques liés résultant d'une convergence scientifique et technique pourront avoir une incidence sur les biotechnologies : la **biologie systémique** et la **biologie de synthèse**, qui résulte de la combinaison des concepts de la biologie systémique avec les biotechnologies.

### 2.3 – Technologies de l'information

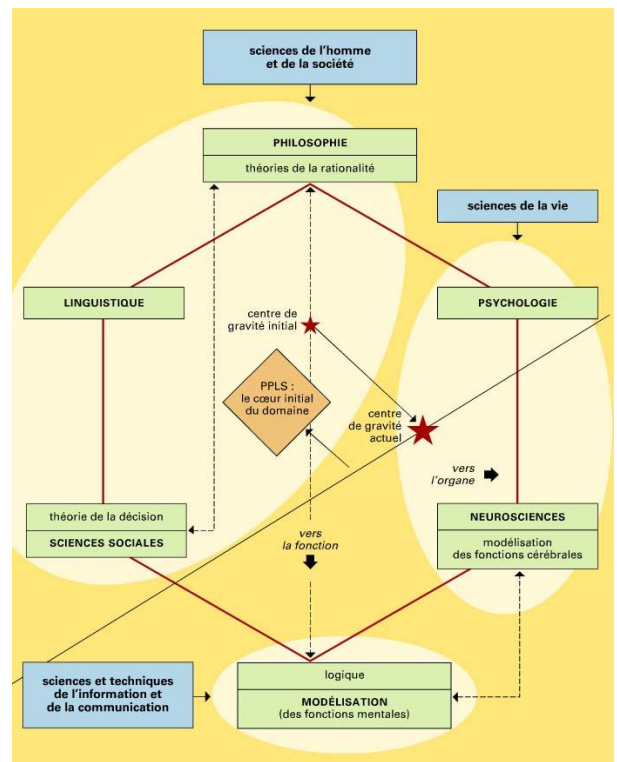
D'après une définition proposée par l'OCDE en 2003 et révisée en 2010, les produits des technologies de l'information et de la communication sont destinés à remplir ou à permettre la fonction de traitement et de communication de l'information par des moyens électroniques, y compris la transmission et l'affichage.

Dans le cadre de l'étude, le concept de Web 2.0 ouvre de nouvelles perspectives, permettant des approches collaboratives en favorisant le partage d'information et l'accès à des ressources en ligne (par exemple utilisées en bio-informatiques), comme des bases de données et des programmes<sup>17</sup>. L'émergence du *Cloud Computing* permet ainsi d'accéder par internet à des serveurs beaucoup plus puissants, les données étant dès lors stockées sur des serveurs distants interconnectés. Une autre approche consiste à créer un environnement de recherche permettant l'étude de problèmes complexes en mettant en place un système distribué, constitué d'ordinateurs autonomes.

### 2.4 – Neurosciences – Sciences cognitives

Il n'existe pas une, mais des sciences cognitives. D'après Daniel Andler, elles « ont pour objet de décrire, d'expliquer et le cas échéant de simuler voire d'amplifier les principales dispositions et capacités de l'esprit humain – langage, raisonnement, perception, coordination motrice, planification, décision, émotion, conscience, culture... ».

Les sciences cognitives peuvent être schématisées par un hexagone, avec pour sommet la psychologie, la philosophie, la linguistique, les neurosciences, les méthodes de modélisation mathématico-physiques, et les sciences sociales (Voir Schéma, D. Andler *Encyclopaedia universalis*, 2006). Le champ d'étude est donc particulièrement large.



<sup>17</sup> McLeish C., « Implications of bioscience and technology advances for the BTWC », *EU Non-Proliferation papers* n°4, 2011.

Dans le contexte de cette étude, nous nous focaliserons plus spécifiquement sur les neurosciences. Elles font en effet partie des avancées scientifiques et techniques dont l'impact sur les Conventions sur l'interdiction des armes biologiques ou chimiques est considéré (par exemple, substances entraînant des perturbations du fonctionnement cognitif)<sup>18</sup>.

Les différents systèmes physiologiques (nerveux, endocrinien, cardiaque, respiratoire, digestif, immunitaire...) agissent en interactions, permettant le maintien de l'homéostasie et une adaptation de l'organisme en fonction des facteurs environnementaux. Les deux systèmes de régulation fondamentaux sont le système nerveux et le système endocrinien, les différentes fonctions physiologiques étant en effet contrôlées par des mécanismes de régulation nerveuse et hormonale. La perturbation à des fins malveillantes de ces systèmes, ainsi que du système immunitaire qui interagit étroitement avec eux, par des substances biochimiques fait partie des possibilités jugées préoccupantes<sup>19</sup>.

### 3 – Convergence entre sciences de la vie et chimie

La convergence est présentée comme la troisième révolution après l'essor de la biologie moléculaire et cellulaire puis celui de la génomique, et de nombreux travaux de recherche associant ces différentes disciplines. Comme le souligne le rapport du MIT, l'adoption de ce modèle de recherche implique une véritable intégration disciplinaire et non pas seulement une collaboration interdisciplinaire. Les interactions sont réciproques et ne se limitent pas à l'importation d'approches conceptuelles provenant des sciences physiques et de l'ingénierie au domaine des sciences de la vie, la compréhension des systèmes biologiques complexes pouvant être exploitée dans les sciences physiques et l'ingénierie<sup>20</sup>.

Des scientifiques du MIT ont proposé, dans un rapport de 2011 sur la convergence entre les sciences de la vie, les sciences physiques et l'ingénierie, de définir la convergence comme :

*« The merging of distinct technologies, processing disciplines, or devices into a unified whole that creates a host of new pathways and opportunities. It involves the coming together of different fields of study – particularly engineering, physical sciences, and life sciences – through collaboration among research groups and the integration of approaches that were originally viewed as distinct and potentially contradictory ».*

---

<sup>18</sup> Dando M., « Advances in neuroscience and the Biological and Toxin Weapons Convention », *Biotechnology Research International*, 2011.

<sup>19</sup> Kelle A., Nixdorff K., Dando M., « Sciences et technologies en rapport avec la Convention sur l'interdiction des armes biologiques », *Sécurité globale*, 2011;17:133-47.

<sup>20</sup> Sharp P. & al., *The Third Revolution: The convergence of life sciences, physical sciences, and engineering*, Massachusetts Institute of Technology, 2011.

Cette définition a été reprise dans la note du Secrétariat technique de l'OIAC en vue de la préparation de la troisième conférence d'examen de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques<sup>21</sup>.

La convergence doit conduire à l'innovation. Le discours du Président Obama lors de la réunion annuelle de la *National Academy of Sciences*, en 2009, traduit ainsi les attentes :

*« En biomédecine, nous pouvons exploiter la convergence historique en train de survenir entre les sciences de la vie et les sciences physiques ; entreprendre des projets publics – dans l'esprit du Human Genome Project – afin de créer les données et des capacités qui vont alimenter les découvertes dans des dizaines de milliers de laboratoires ; et identifier et surmonter les barrières scientifiques et bureaucratiques afin de faire en sorte que les percées scientifiques aboutissent à des diagnostics et traitements thérapeutiques au profit des patients »<sup>22</sup>.*

En ce qui concerne les sciences de la vie, la convergence scientifique et technologique représente un nouveau modèle de recherche, dans un contexte caractérisé par l'émergence et le développement de domaines de recherche faisant appel à plusieurs disciplines, comme par exemple la biologie systémique<sup>23,24</sup>, la biologie de synthèse<sup>25</sup>, la biologie computationnelle, la nanoscience – incluant la nanobiologie et les nanobio-technologies, les bio-informatiques et la modélisation, ou encore la biologie chimique. Les avancées scientifiques et techniques, conjuguées au phénomène de convergence, peuvent par exemple contribuer à la mise au point de nouvelles méthodes de délivrance ciblée des principes actifs dans l'organisme<sup>26</sup>, de capteurs plus sensibles et spécifiques permettant le suivi de paramètres extérieurs ou le suivi individualisé de paramètres physiologiques ou de marqueurs biochimiques<sup>27,28</sup>, ou de modèles prédictifs pour les maladies.

---

<sup>21</sup> Working Group for the Preparation of the Third Review Conference. *Note by the Secretariat, Review of the operation of the Chemical Weapons Convention since the Second Review Conference (WGRC-3/S/1)*. 5 octobre 2012.

<sup>22</sup> Traduction non officielle.

<sup>23</sup> Bruggeman F., Westerhoff H., « The nature of systems biology », *Trends in Microbiology*, 2006;15(1):45-50.

<sup>24</sup> Calvert J., Fujimura J., « Calculating life? Duelling discourses in interdisciplinary systems biology », *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2011;42(2):155-63.

<sup>25</sup> Liang J., Luo Y., Zhao H., « Synthetic biology: Putting synthesis in biology », *WIRE Syst Biol Med*, 2011;3 :7–20.

<sup>26</sup> Farokhzad O., Langer R., « Impact of nanotechnology on drug delivery », *ACS Nano*, 2009;3(1):16-20.

<sup>27</sup> Bondavalli P., Legagneux P., Pribat D., « Carbon nanotubes based transistors as gas sensors: State of the art and critical review », *Sensors and Actuators B*, 2009;140:304-318.

<sup>28</sup> Lui Z., Tabakman S., Welscher K., Dai H., « Carbon Nanotubes in Biology and Medicine: *In vitro* and *in vivo* Detection, Imaging and Drug Delivery », *Nano Res*, 2009; 2(2): 85–120.



## Convergences technologiques et santé humaine

---

L'exploitation et la combinaison de nouvelles technologies offre la perspective d'une révolution en termes de préservation et de restauration, mais aussi d'amélioration des performances humaines, permettant par exemple d'envisager une augmentation de l'espérance de vie, mais aussi une amélioration des capacités physiques et cognitives. Étape ultime, l'objectif n'est plus uniquement d'exploiter ces technologies par le biais d'outils mais de les intégrer dans le corps humain. De nombreuses solutions, dont certaines existent déjà mais doivent encore être améliorées afin de pouvoir être exploitées concrètement, vont notamment bénéficier des progrès en matière de miniaturisation et d'identification des propriétés spécifiques des composants à l'échelle nanométrique.

Ces évolutions, pour celles qui se concrétiseront, pourront se traduire par une plus grande endurance, des capacités visuelles ou auditives améliorées, des temps de réaction plus courts, une meilleure productivité, une plus grande créativité ou encore une résistance accrue au stress. Pour les armées, il pourrait ainsi y avoir une incidence directe sur la capacité opérationnelle.

**Ces différentes avancées représentent un intérêt indéniable pour les forces armées, avec des applications potentielles aussi diverses que :**

- ⇒ Le suivi médical individuel des combattants ;
- ⇒ La prise en charge médico-psychologique, avec notamment la possibilité de restaurer une fonction après une atteinte à l'intégrité physique voire psychique ;
- ⇒ L'optimisation du recrutement et de l'entraînement ;
- ⇒ L'amélioration des performances cognitives des opérateurs et des combattants ;
- ⇒ L'amélioration des performances physiques des combattants ;
- ⇒ Le guidage de systèmes d'armes tels que des robots ou des drones.

Les exemples présentés dans cette partie permettent d'illustrer les progrès des recherches impliquant des convergences technologiques et pouvant concourir à la santé des combattants, ainsi qu'à l'amélioration des performances physiques et cognitives humaines. Ils montrent que, s'il y a certes toujours une importante dimension prospective qui peut conduire à questionner la manière dont les problématiques éthiques et juridiques afférentes sont analysées, les progrès ont parfois été beaucoup plus rapides que ce qui avait pu être imaginé au cours de la dernière décennie, les perspectives d'applications concrètes devenant dès lors plus réalistes.

## 1 – Détection dans l'environnement et suivi médical individualisé

Les progrès en matière d'intégration et de miniaturisation des systèmes, avec les avancées récentes dans le domaine des micro- et nanotechnologies, ou des technologies de l'information et des communications, ouvrent de nouvelles perspectives pour les capteurs, dispositifs qui vont convertir une grandeur physique observée en un signal analytique exploitable. Il faut ensuite y associer des techniques de traitement des signaux, mais aussi prendre en compte les possibilités de transmission des données, en fonction de l'utilisation recherchée (alerte de l'utilisateur et/ou d'une personne effectuant un suivi à distance), et éventuellement une source d'énergie.

Dans le contexte de cette étude, il est intéressant de distinguer plus particulièrement deux catégories de capteurs :

- ➔ Les biopuces : ce sont des composants planaires ou usinés en surface sur lesquels est déposé une matrice de molécules de reconnaissance dont on veut mesurer les interactions avec les espèces biologiques dans un échantillon.
- ➔ Les biocapteurs : ce sont des composants associant une membrane qui comprend une espèce biologique permettant la reconnaissance de la molécule recherchée et un transducteur permettant de transformer l'évènement de reconnaissance en un signal physique mesurable.

Les capteurs biomédicaux peuvent par ailleurs présenter diverses caractéristiques. Ils peuvent en particulier être actifs ou passifs en fonction de la nécessité ou non de les associer à une source d'énergie, analogique ou numérique. Il existe des exocapteurs et des endocapteurs, ces derniers pouvant être non invasifs ou invasifs, voire implantables.

Le développement des micro- et nano-systèmes électromécaniques (MEMS et NEMS) a permis des avancées significatives<sup>29</sup>. L'intégration des techniques de traitement des données aux capteurs permet d'extraire plus rapidement l'information transportée par le signal, ce qui implique des délais de réaction plus courts et rend possible « *la fusion de données hétérogènes pour opérer une classification contextuelle, mais aussi un diagnostic intégré (autotests) sur la qualité de l'information à la source. Il est alors question de "capteurs intelligents" »*<sup>30</sup>.

Les recherches actuelles, dont les résultats pourraient être appliqués dans les armées, portent notamment sur les dispositifs non invasifs (demeurant à la surface de la peau de la personne). Ils sont en effet plus confortables à utiliser et indolores. Les systèmes invasifs, voire implantables, peuvent éventuellement poser des problèmes médicaux (en particulier des risques d'inflammation, d'infection et de fibrose), mais aussi des problèmes spécifiques d'acceptabilité et surtout de sécurisation des données. Cette dernière approche n'est pas celle retenue dans les armées françaises.

---

<sup>29</sup> Les MEMS peuvent être définis comme des systèmes microscopiques associant des éléments mécaniques, optiques, électromagnétiques, thermiques et fluidiques à de l'électronique sur des substrats semi-conducteurs.

<sup>30</sup> Noury (N.) & al, « Capteurs pour la télésurveillance médicale. Capteurs, algorithmes et réseaux », *IRBM*, 2009;30 :93-103.



## 1.1 – **Détection d'agents chimiques ou biologiques dans l'environnement**

Les capteurs et systèmes employés vont permettre la détection sélective ou non d'agents biologiques ou de substances toxiques présents dans l'environnement et pouvant entraîner des effets potentiellement graves sur la santé. Les avancées portent essentiellement sur la miniaturisation, avec notamment l'emploi des systèmes micro-électromécaniques (MEMS) et des nanotechnologies. L'objectif est de pouvoir développer des capteurs portables, sélectifs, sensibles et à bas coût, donc industrialisables. La rapidité de détection reste également un point déterminant.

La technologie est plus avancée pour les capteurs chimiques que biologiques. Parmi les projets de R&D en cours figurent en particulier les travaux portant sur les nanotubes ou de carbone pour les capteurs de gaz et les biocapteurs, ou sur les nanofils de silicium pour les biocapteurs<sup>31</sup>.

## 1.2 – **Suivi physiologique et médical**

Les capteurs sont utilisés pour le suivi de signes vitaux et d'autres paramètres physiologiques (mécaniques, thermiques, biologiques, chimiques, optiques, acoustiques ou magnétiques)<sup>32</sup>. Il existe cependant des différences de maturité entre les différents dispositifs existants.

Parmi les paramètres qui sont considérés figurent en particulier :

- ➔ Les mouvements et postures (station debout, position accroupie, chute) ou l'absence prolongée de mouvements (actimétrie) ;
- ➔ Les mouvements oculaires<sup>33</sup> ;
- ➔ La fréquence cardiaque, le pouls, la pression artérielle et le débit sanguin ;
- ➔ La fréquence respiratoire, la pression respiratoire, le volume respiratoire et la consommation de dioxygène<sup>34</sup> ;
- ➔ La température cutanée et interne ;
- ➔ L'activité et la température cérébrale<sup>35</sup> ;
- ➔ Les gaz du sang, le glucose...

Des travaux sont par ailleurs en cours afin de développer des capteurs biochimiques permettant de détecter des ions spécifiques ou des marqueurs pouvant par exemple être

---

<sup>31</sup> Bondavalli P., Legagneux P., Pribat D., « Carbon nanotubes based transistors as gas sensors: State of the art and critical review », *Sensors and Actuators B*, 2009;140:304-318.

<sup>32</sup> Mozafari R., ed., « Nanomaterials and nanosystems for biomedical applications », Dordrecht, The Netherlands: Springer. 2007.

<sup>33</sup> Byrne C., Lim C., « The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications », *Br J Sports Med*, 2007;41(3):126-33.

<sup>34</sup> D'Angelo L. & al., « A system for respiratory motion detection using optical fibers embedded into textiles », *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2008;2008:3694-7.

<sup>35</sup> Dittmar A. & al., « A non invasive wearable sensor for the measurement of brain temperature », *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2006. 2006;1:900-2.

représentatifs de l'effort ou d'un état de stress. Le fluide corporel qui est privilégié pour des capteurs non invasifs est la sueur<sup>36</sup>. Cela implique d'identifier les ions ou marqueurs pertinents et de pouvoir par la suite établir des corrélations entre les résultats des analyses et l'état physiologique, afin de pouvoir exploiter concrètement ces recherches, par exemple pour le suivi médical ou physiologique individualisé.

La réactivité émotionnelle, sensorielle et cognitive du patient peut également être étudiée par le suivi de l'activité du système nerveux autonome (SNA), avec la mesure de la résistance, de la température cutanée et de la fréquence cardiaque grâce à des capteurs non invasifs, associés à un système fixé au poignet. La mise au point de ces dispositifs implique donc une miniaturisation, avec une intégration des composants, ainsi qu'une faible consommation d'énergie afin de disposer d'une autonomie suffisante<sup>37</sup>.

Concernant le positionnement, il convient de privilégier des méthodes indolores, discrètes et non-invasives. Le principe de fonctionnement est cependant plus complexe car les mesures sont indirectes (paramètres profonds / surface cutanée). Le choix du positionnement doit prendre en compte des facteurs tels que la fixation, le rapport signal / bruit, l'ergonomie ou le confort.

L'un des axes de recherche les plus innovants dans ce domaine porte sur le développement de vêtements dits intelligents, permettant d'envisager de nombreuses possibilités de positionnement des capteurs sans pour autant nécessiter l'intervention d'une tierce personne<sup>38</sup>. Par ailleurs, les capteurs sont protégés et restent discrets. Ces textiles « intelligents » peuvent être définis comme des matériaux flexibles auxquels ont été ajoutées des fonctionnalités avancées et / ou capables de détecter un stimulus et de réagir ou de s'adapter d'une manière donnée. Il existe deux grandes approches : la miniaturisation des composants et leur intégration dans le textile et le développement de textiles avec des propriétés intrinsèques. Le développement des textiles intelligents comprend des recherches sur l'intégration de capteurs, de systèmes électroniques, de sources d'énergie et/ou de fonctions de communication<sup>39</sup>. L'objectif est de pouvoir détecter d'éventuels changements dans l'environnement mais aussi au niveau des fonctions physiologiques<sup>40</sup>.

---

<sup>36</sup> Il existe également des travaux sur la détection de biomarqueurs au niveau de l'haleine.

<sup>37</sup> Massot B., Gehin C., Nocua R., Dittmar A., McAdams E., « Centrale de mesure ambulatoire biomédicale sur PSoC », *IRBM*, 2009.

<sup>38</sup> 90 % de la peau est en contact avec le textile et ses caractéristiques (mécaniques, thermiques, électriques et acoustiques) permettent l'emploi de systèmes de mesures indirectes.

<sup>39</sup> Pandian P. S. & al., « Smart vest: wearable multi-parameter remote physiological monitoring system », *Med Eng Phys*, 2008;30(4):466-77.

<sup>40</sup> De Jonckheere J. & al., « Optical fibre sensors embedded into technical textile for a continuous monitoring of patients under Magnetic Resonance Imaging », *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2008; 2008:5266-9.

El-Sherif M., « Smart fabrics: integrating fiber optic sensors and information networks », *Stud Health Technol Inform*, 2004;108:317-23.

### 1.3 – **Utilisations dans le domaine de la Défense et application à la maîtrise des armements**

Dans l'optique d'une utilisation par les armées, plusieurs finalités principales peuvent envisagées pour ces dispositifs, en sélectionnant les capteurs adaptés :

- ➔ Le suivi médical des personnels qui ont été blessés ou ont contracté une maladie, les capteurs contribuant notamment entre autres au diagnostic et à l'établissement d'un pronostic. Le suivi médical est déjà assez largement pratiqué en médecine, en particulier d'urgence. Si des améliorations techniques vont intervenir (notamment la miniaturisation des systèmes), la logique propre à cette application ne devrait pas évoluer ;
- ➔ Le suivi physiologique des personnels au cours d'une opération. Cette approche pose plus de problèmes. L'utilisation d'un capteur repose sur une séquence particulière qui prend, schématiquement, la forme d'un enchaînement linéaire d'étapes : 1) Personne, 2) Capteur, 3) Mesure, 4) Transmissions, et enfin 5) Interprétation.

En amont de cette séquence, pour déterminer quels paramètres sont les plus pertinents à mesurer et éventuellement en identifier d'autres, il faut réaliser des recherches approfondies sur la physiologie humaine (ex : travaux sur la sueur). Des études sont également indispensables pour définir les niveaux d'alerte, les seuils en-deçà desquels les médecins considèrent qu'une situation devient anormale. Les travaux sur la physiologie humaine sont donc également indispensables pour que la dernière étape, l'interprétation des signaux, soit envisageable. Or, les connaissances dans ce domaine ne sont pas encore suffisantes. Le risque est donc de développer des capteurs qui ne mesurent pas les paramètres les plus pertinents, ou qui recueilleraient des données que l'on ne sait pas exploiter. La mise au point des capteurs de suivi physiologique nécessite donc un travail de coopération entre plusieurs disciplines (médecine – notamment physiologie -, biologie, électronique...).

**Dans le contexte spécifique de la maîtrise des armements**, ces capteurs peuvent avant être considérés comme des moyens techniques qui pourraient être exploités dans le cadre d'instruments existants, notamment les Conventions sur l'interdiction des armes chimiques et des armes biologiques ou en cas d'enquête en cas d'allégation d'emploi de telles armes.

En cas de risque d'exposition à des agents chimiques ou biologiques, des capteurs permettant de détecter une contamination dans l'environnement – donc utilisés comme un dosimètre peut l'être en cas de risque d'exposition à des rayonnements ionisants – pourraient contribuer à la protection des inspecteurs en alertant directement la personne exposée, lui permettant d'évacuer et de mettre en œuvre les contre-mesures adaptées (capteur d'alerte dans ce cas), ou éventuellement en fournissant au personnel médical des informations sur la nature de l'exposition. Les capteurs permettant un suivi physiologique des personnes pourraient également être exploités dans des situations imposant une contrainte physique, comme par exemple avec le port de tenue de protection NRBC.

## 2 – Amélioration des performances humaines

Cette approche est celle qui sous-tend la vision américaine telle que développée dans le rapport *Converging Technologies for Improving Human Performance*<sup>41</sup>. Les applications directes ou indirectes exploitant les différents types de convergences technologiques apparaissent multiples pour le secteur de la défense. Le développement de ces nouvelles technologies et des applications potentielles s'accompagne de réflexions éthiques et juridiques.

### 2.1 – *Augmentation des performances physiques*

Le recours à des dispositifs et outils externes conçus grâce aux convergences technologiques peut permettre d'améliorer ces capacités. Il s'agit notamment de prothèses ou d'exosquelettes. La conception d'exosquelettes motorisés ayant des applications potentielles aussi bien dans le civil que dans le domaine militaire vise ainsi par exemple à pouvoir manipuler des charges lourdes<sup>42</sup>.

Outre ces dispositifs externes, il faut également considérer des solutions invasives, comme par exemple des implants permettant d'améliorer la vision ou l'audition. Cette approche soulève cependant des questions éthiques du fait précisément du caractère invasif. Il s'agit en effet d'un acte chirurgical, avec les risques qui peuvent y être associés.

Dans les armées, les exosquelettes pourraient s'avérer particulièrement utiles pour les fantassins et les artilleurs, amenés à transporter du matériel ou des munitions. Ils vont en effet pouvoir permettre d'améliorer les capacités locomotrices et opérationnelles.

Le premier exosquelette européen, *Hercule*, a été développé par la PME RB3D (société qui propose par ailleurs des solutions contre les troubles musculo-squelettiques) en partenariat avec le CEA-List et ESME Sudria, avec le soutien du ministère de la Défense, grâce au dispositif RAPID, régime d'appui à l'innovation duale de la Direction générale pour l'armement (DGA). Il est caractérisé par une grande autonomie, la fluidité des gestes et l'absence de capteurs, ce dernier point facilitant la mise en place sur l'utilisateur. Les moteurs de dernière génération garantissent un excellent rendement. Il pèse une vingtaine de kilos et permet de porter une charge de 100 kg à une vitesse de 4 km.h<sup>-1</sup>. La commercialisation pour des applications civiles est prévue pour 2015.



Exosquelette Hercule.  
© DGA/COMM

<sup>41</sup> Roco M., Bainbridge W., « Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale », *Journal of Nanoparticles Research*, 2002;4:281-295.

<sup>42</sup> Bogue R., « Exoskeleton and robotic prosthetics: a review of recent developments », *Industrial Robot: An International Journal*, 2009;36(5):421-427.

D'autres prototypes ont été développés, notamment au Japon et aux États-Unis. Le programme *Warrior Web Project* de la DARPA est ainsi dédié à la conception d'une armure souple devant permettre de diminuer la fatigue et prévenir les blessures liées aux efforts, tout en améliorant la performance du combattant. Cette armure devrait peser moins de dix kilos d'après les spécifications techniques.

Parmi les programmes de la DARPA ayant pour objectif de contribuer à l'optimisation des performances humaines figure également :

- ➔ **Biochronicity.** Il porte sur le rôle du temps dans les différentes fonctions biologiques, puisque presque toutes sont soumises à des horloges biologiques. Une meilleure connaissance de ces rythmes pourrait se traduire en termes de performance des combattants, mais aussi de mise en œuvre de traitements et d'interventions chirurgicales, ou encore de compréhension de certaines pathologies.

## 2.2 – **Optimisation des performances cognitives et neurosciences**

L'amélioration des performances cognitives correspond au fait de chercher à améliorer chez des individus sains, donc en dehors de toute nécessité médicale, certaines fonctions cognitives telles que la perception, la mémoire, la vigilance, la concentration ou la prise de décision. Les moyens et stratégies permettant d'augmenter les capacités cognitives sont de natures très diverses et les convergences technologiques ont contribué à élargir l'éventail de ces possibilités. Parmi ces moyens figurent par exemple l'éducation et l'entraînement mental, certaines substances pharmacologiques (comme la caféine, la ritaline ou le modafinil) ou encore les interfaces cerveau-machine.

Les neurosciences sont sources de préoccupations. Les perspectives d'utiliser des implants cérébraux à des fins non médicales telles que la localisation, la surveillance, voire la possibilité d'influencer le comportement ou la prise de décision font redouter un risque de détournement à des fins malveillantes<sup>43</sup>. Ces usages potentiels imposent d'envisager les conséquences en termes de dignité humaine et de respect de la vie privée, mais aussi de risques d'atteinte à l'identité personnelle et à l'autonomie<sup>44</sup>.

### 2.2.1 – Améliorations des connaissances sur le développement et le fonctionnement cérébral

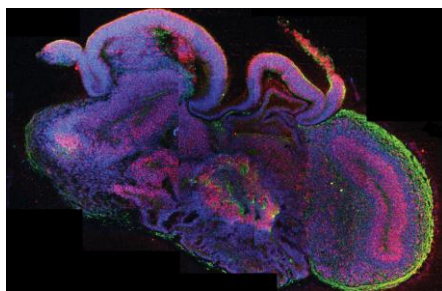
Afin de continuer à faire progresser la recherche sur les affections neurologiques, il reste nécessaire d'améliorer les connaissances relatives au développement et au fonctionnement cérébral.

Le développement de modèles *in vitro* fait partie des approches permettant de mieux appréhender la complexité du cerveau humain, ce que ne permettent pas les modèles animaux qui sont actuellement utilisés.

---

<sup>43</sup> European Group on Ethics in Science and Technology, *Ethical aspects of ICT implants in the human body* (Opinion), 2005.

<sup>44</sup> Lucivero F., Tamburrini G., « Ethical monitoring of brain-machine interfaces – A note on personal identity and autonomy », *AI & soc*, 2008;22:449-460.



Coupe transversale d'un « organoïde » cérébral humain.  
© IMBA/Madeline Lancaster.

Une équipe de l'*Institute of Molecular Biotechnology* (IMBA) de l'Académie des sciences autrichienne a réussi à obtenir à partir de cellules souches pluri-potentes des organoïdes cérébraux dans un système de culture en trois dimensions<sup>45</sup>. Même si elles sont appelées « mini-cerveaux » et peuvent pour le moment survivre jusqu'à dix mois dans un bioréacteur, ces structures de 3 à 4 mm correspondent en fait à des amas de tissu cérébral humain et ne

possèdent pas de circulation sanguine, ce qui explique qu'elles ne puissent pas croître plus. Cette avancée a permis de modéliser le développement de la microcéphalie<sup>46</sup> et d'identifier son origine. Ces « mini-cerveaux » pourront par ailleurs à terme présenter un intérêt pour l'industrie pharmaceutique, afin de tester les stratégies thérapeutiques contre des malformations cérébrales ou des troubles neuronaux, ainsi que pour l'industrie chimique, en permettant d'étudier les effets des produits chimiques sur le développement cérébral.

Dans une autre approche, une équipe française pluridisciplinaire a conçu des micro-puces en silicium comportant des modifications micro/nanométriques au niveau de la surface. Une étude chez le singe anesthésié a montré qu'elles permettent d'obtenir une empreinte moléculaire et cellulaire au niveau de la zone du cerveau avec laquelle elles interagissent. Cet outil offre ainsi la perspective de pouvoir procéder à des explorations moléculaires *in vivo* au niveau cérébral sur des modèles animaux<sup>47</sup>.

### 2.2.2 – Emploi de substances ayant une action pharmacologique

La neuropharmacologie peut être définie comme l'étude du métabolisme et de l'action de substances ayant une influence sur le fonctionnement du système nerveux et donc du cerveau, organe qui assure la régulation de l'ensemble des fonctions vitales. Des fonctions neurocognitives telles que la mémoire et l'apprentissage, la créativité, la confiance, l'empathie et la prise de décision, la vigilance et le contrôle des impulsions, l'humeur et l'estime de soi, ou encore l'éveil et le sommeil, peuvent être affectées par l'emploi de substances pharmacologiques qui vont agir au niveau de la neurotransmission. Leurs effets sur des personnes en bonne santé restent à l'heure actuelle mal connus<sup>48</sup>.

À titre d'exemple, on peut citer deux substances qui sont par ailleurs utilisées comme médicaments et peuvent permettre d'améliorer les performances cognitives. La ritaline, normalement prescrite en cas de troubles déficitaires de l'attention avec hyperactivité,

<sup>45</sup> Lancaster M., Renner M., Martin C-A., Wenzel D., Bicknell L., Hurler M., Homfray T., Penninger J., Jackson A., Knoblich J., « Cerebral organoids model human brain development and microcephaly », *Nature*, 28 août 2013 (en ligne).

<sup>46</sup> La microcéphalie peut être définie comme une petitesse anormale de la tête, généralement associée à un retard mental.

<sup>47</sup> Zaccaria A., Bouamrani A., Selek L., El Atifi M., Hesse A-M., Juhem A., « A micro-silicon chip in vivo cerebral imprint in monkey », *ACS Chem Neurosci*, 2013;4(3):385-392.

<sup>48</sup> Hildt E., Franke A (Eds). « Cognitive enhancement – An interdisciplinary perspective », Springer, 2013.



est employée pour ses effets sur l'éveil, la concentration et la mémoire. Le modafinil, dont l'indication est désormais restreinte à la narcolepsie, permet quant à lui, en fonction de la dose, de restaurer et/ou augmenter l'éveil et les vigilances diurnes<sup>49</sup>. De par son mode d'action, il présente donc un intérêt pour les armées puisqu'il permet de maintenir la vigilance et la performance dans un contexte de privation de sommeil au cours des opérations<sup>50</sup>. Par ailleurs, deux transmetteurs (appelés orexines ou hypocrélines) identifiés au cours de travaux de recherche sur la narcolepsie s'avèrent également intéressants<sup>51</sup>.

Si la possibilité d'optimiser les performances cognitives grâce à l'administration de substances est reconnue et fait l'objet de publications scientifiques, cette pratique, en fonction du contexte, suscite une certaine méfiance et est même perçue de façon négative. Elle peut en effet être considérée comme dangereuse et comme un moyen de tricher, avec l'idée de dopage. L'emploi par des étudiants ou des cadres de certains stimulants, comme par exemple la ritaline<sup>52</sup>, afin d'accroître attention et vigilance dans le but d'améliorer le rendement représente un exemple d'usage détourné de ces substances. Certaines d'entre elles peuvent s'avérer illicites ou être réservées à un usage thérapeutique spécifique, leur dispensation pouvant alors être soumise à prescription médicale. La dispensation est en effet réglementée à cause des effets secondaires potentiels et du risque d'accoutumance, leur emploi étant donc loin d'être anodin et sans risque pour la santé<sup>53</sup>.

La possibilité d'utiliser des substances afin d'optimiser le potentiel de personnes saines fait l'objet de débats, étant donnée la dimension éthique qui s'y rattache. Pour certains, il faut dépasser la vision négative qui y est associée et ne pas se priver d'étudier les perspectives ouvertes dans ce domaine, eu égard aux bénéfices potentiels dans certains secteurs d'activité, notamment en matières d'éveil et de vigilance. Il ne s'agit pas pour autant d'occulter les risques, mais plutôt d'envisager comment la société peut accompagner et encadrer cette évolution, ce qui implique de procéder à des recherches biomédicales spécifiques et le cas échéant de faire évoluer le cadre réglementaire<sup>54</sup>. En effet, il n'existe pas toujours assez de données expérimentales pour évaluer si le rapport

<sup>49</sup> ANSM (ex-AFSSAPS). *Modafinil : restriction d'indication et nouvelles recommandations (communiqué)*. 26 juillet 2010. A la suite du réexamen des données de sécurité et d'efficacité, l'Agence européenne des médicaments a recommandé de restreindre les indications à la narcolepsie en raison d'un rapport bénéfices-risques défavorable pour les autres indications. De plus, une évaluation du risque d'usage détourné est demandée. Le Royaume-Uni a été à l'origine de la demande de réexamen, suite aux signalements d'effets indésirables psychiatriques et cutanés.

<sup>50</sup> Beaumont M. Aide pharmacologique au maintien de la vigilance et de la performance en opération continue : intérêt d'une combinaison hypnotique / psychostimulant. Dans *Stratégies pour le maintien de la préparation au combat lors de déploiements prolongés – Une approche systèmes humains*, 2005, pp. 30-1 – 30-16.

<sup>51</sup> Ollat H., « Narcolepsie et hypocrélines / orexines », *Neuropsychiatrie : Tendances et débats*, 2002;17 :31-38.

<sup>52</sup> Wilens T., Adler L., Adams J., Sgambati S., Rotrosen J., Sawtelle R. et al. « Misuse and diversion of stimulants prescribed for ADHD: a systematic review of the literature », *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2008 Jan;47(1):21-31.

<sup>53</sup> Rosenfield D., Hébert P., Stanbrook M. et al., « Il est temps de lutter contre l'abus de stimulants sur nos campus », *CMAJ*, 2011;183(12):1388-1389.

<sup>54</sup> Greely H., Campbell P., Sahakian B., Harris J., Kessler R., « Towards responsible use of cognitive-enhancing drugs by the healthy (Opinion) », *Nature*, 7 décembre 2008.

bénéfices-risques est favorable en cas d'usage à des fins d'optimisation. L'efficacité de certaines de ces substances pourrait être surévaluée et les effets secondaires physiques et psychologiques mal identifiés. Ainsi, les études montrent que, paradoxalement, la prise de stimulants par des personnes atteintes de troubles déficitaires de l'attention avec hyperactivité n'entraîne pas d'amélioration des performances académiques sur le long terme, contrairement à ce qui pourrait être attendu. Des chercheurs ont ainsi remarqué que, alors que ces stimulants permettent de réduire les réactions suscitées par la frustration, d'augmenter la capacité à détecter des erreurs et de stimuler la capacité à produire des efforts, ils tendent par ailleurs à augmenter les comportements à risque et la susceptibilité aux distractions liées à l'environnement. Les influences sur le comportement sont donc multiples<sup>55</sup>. De plus, il semble qu'il faille prendre en compte l'importance de la variabilité inter- et intra-individuelle. Certains groupes pourraient ainsi bénéficier de l'usage d'une substance tandis qu'elle n'aurait que peu d'effets chez d'autres individus<sup>56</sup>.

### 2.2.3 – Interface Cerveau-Machine (ICM)

L'essor des neurosciences, reposant sur une approche interdisciplinaire, a permis de faire considérablement progresser les connaissances sur le cerveau humain alors que le fonctionnement de celui-ci était resté longtemps très mal connu. La convergence avec les nano-biotechnologies et les sciences de l'ingénieur a permis de franchir une étape, notamment avec le développement, grâce aux méthodes de miniaturisation, des outils dédiés aux interventions au niveau cérébral ou encore avec l'exploitation des propriétés spécifiques des composants à l'échelle nanométrique pour le revêtement des dispositifs implantables. Associées à l'informatique, ces connaissances permettent également de développer des stratégies de localisation.

Des recherches impliquant la réalisation d'essais cliniques sont en cours afin de mettre au point des interfaces cerveau-machine (ICM), qui peuvent être définies comme des systèmes de liaison directe entre cerveau et ordinateur permettant de communiquer avec l'environnement sans avoir recours au système nerveux périphérique et aux muscles. Parmi les applications potentielles des ICM, celles dans le domaine de la santé sont celles pour lesquelles la communication est la plus importante. Ces interfaces offrent en particulier un moyen de communication pour des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique (SLA, à l'origine d'une paralysie et d'une amyotrophie progressives), de victimes de certaines lésions de la moelle épinière ou d'accidents vasculaires cérébraux ayant entraîné une paralysie complète. Couplées à un exosquelette, elles permettront aux patients paralysés de retrouver une certaine mobilité.

Les signaux doivent être traduits en commandes envoyées à un effecteur. Le système d'acquisition des signaux issus de l'activité électrique des neurones implique l'utilisation de méthodes invasives, partiellement invasives, ou non invasives, la durée d'enregistre-

---

<sup>55</sup> Advokat C., Sheithauer M., « Attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) stimulant medications as cognitive enhancers », *Front Neurosci*, 2013;7:82.

<sup>56</sup> Husain M., « Cognitive enhancement by drugs in health and disease », *Trends Cogn Sci*, 2011;15(1):28-36.



ment étant dans ce dernier cas alors limitée à quelques jours. La plupart des capteurs ne sont par ailleurs pas biocompatibles. Il faut de plus arriver à limiter le bruit de fond.

Les premiers essais cliniques ont eu lieu dès le début des années 1980, le concept ayant été énoncé en 1973<sup>57</sup>, mais il subsiste donc encore des limites technologiques, en particulier liées aux capteurs. Les enjeux portent donc sur la mise au point de systèmes d'acquisition des signaux neuronaux et de traitement de l'information, impliquant le suivi du plus grand nombre possible de neurones, ainsi que la capacité à gérer des flux de données importants et de procéder à une analyse en temps réel, en particulier avec l'emploi des nouveaux systèmes d'électrophysiologie qui reposent sur des matrices de microélectrodes et comprennent un nombre croissant de canaux de mesure. Cela suppose ainsi le développement de capteurs biocompatibles performants tolérés par le tissu cérébral et de solutions informatiques complexes, telles que des algorithmes de traitement de signal. D'un point de vue pratique, il faut que le système puisse fonctionner en dehors du laboratoire, dans les conditions d'utilisation prévues, et donc résister aux mouvements. En dehors des aspects technologiques, il faut par ailleurs un processus d'apprentissage de l'utilisateur de l'interface qui doit arriver à moduler les signaux cérébraux afin d'améliorer la performance du dispositif.

Les publications scientifiques récentes montrent que les avancées sont significatives. Au niveau national, il est ainsi intéressant de regarder les résultats présentés par des équipes françaises. Ceux-ci illustrent le dynamisme de la recherche et le fait que la réalité est en train de rattraper la fiction.

Le projet Neurocom a permis de mettre au point un système multiélectrode haute densité avec une intégration sur silicium, système désormais commercialisé et permettant d'enregistrer et de stimuler de grands réseaux de neurones *in vitro* et *in vivo*, sur matrice de microélectrodes<sup>58</sup>. Permettant le suivi simultané de l'activité de nombreux neurones, cette intégration a été présentée comme une étape dans le processus de développement d'un dispositif implantable pouvant être utilisé dans le cadre d'études sur les interfaces cerveau-machine et de prothèses neurales<sup>59</sup>. Une refonte complète de ce système est réalisée dans le cadre du projet RETINE, avec le développement d'un nouveau système appelé NeuroPXi, présentant 256 voies de mesures et des caractéristiques temps-réel d'enregistrement, de traitement et de stimulation<sup>60</sup>.

Le laboratoire Clinatec<sup>®</sup>, laboratoire de recherche biomédicale développé par le CEA, en partenariat avec l'Inserm, le CHU de Grenoble et l'Université Joseph Fournier, est en

---

<sup>57</sup> Vidal J., « Toward direct brain-computer communication », *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 1973;2:157-280.

<sup>58</sup> CLINATEC : *Les micro-nanotechnologies au service de la santé* (Dossier de presse). 19 juin 2009.

<sup>59</sup> Charvet G., Billoint O., Gharbi S., Heuschkel M., Georges C., Kaufmann T. et al., « A modular 256-channel micro electrode array platform for in vitro and in vivo neural stimulation and recording: BioMEA™ », *32<sup>nd</sup> Annual International Conference of the IEEE EMBS.*, Buenos Aires, 2010.

<sup>60</sup> Bonnet S., Bêche J-F., Gharbi S., Abdoun O., Bocquelet F., Joucla S. et al., « NeuroPXi: A real-time multi-electrode array system for recording, processing and stimulation of neural networks and the control of high-resolution neural implants for rehabilitation », *IRBM*, 2012;33:55-60.

pointe dans le domaine des micro-nanotechnologies appliquées au domaine de la santé. Les travaux de recherche portent en particulier sur le développement d'outils de diagnostic, de dispositifs pour l'administration localisée de principes actifs, de dispositifs médicaux pour la neurostimulation, ou encore de neuroprothèses pour la suppléance fonctionnelle. Ces trois derniers axes reposent sur le développement de dispositifs médicaux implantables minimalement invasifs. Ils ont pour objectifs de permettre une prise en charge plus précoce des patients, des interventions ciblées moins traumatisantes pour l'organisme et plus efficaces, ouvrant ainsi la voie vers une médecine préventive prenant en compte les caractéristiques biologiques des individus.

Considérant plus spécifiquement le champ des ICM, les travaux menés par Clinatec® sur les neuroprothèses pour la suppléance fonctionnelle ont notamment pour but d'arriver à compenser des déficits moteurs, visuels ou auditifs. Dans le cadre du projet Interface cerveau-machine, l'objectif est d'implanter une micro-puce à la surface du cerveau de personnes atteintes de troubles moteurs sévères, celle-ci devant permettre, à partir de l'enregistrement électrique cortical, de transformer les signaux en mouvement d'un membre robotisé. Après des essais chez le singe et le cochon n'ayant pas permis de montrer d'effet secondaire, les premiers essais chez l'être humain ont été autorisés par l'Agence nationale de sécurité du médicament (pour un début en 2013).

Il faut pouvoir démontrer l'innocuité et l'efficacité de ces dispositifs. Les essais précliniques – impliquant l'expérimentation animale, puisqu'il n'est pas encore possible de les remplacer systématiquement par des méthodes de modélisation ou par l'expérimentation *in vitro* –, et les essais cliniques, étapes indispensables de la recherche biomédicale, doivent respecter le cadre réglementaire en vigueur. En France, avant de débiter un essai clinique, donc chez l'Homme, il faut ainsi que le Comité de protection des personnes (CPP)<sup>61</sup> rende un avis favorable et que l'ANSM accorde l'autorisation.

Autre innovation, une équipe regroupant des chercheurs de l'École nationale des mines de Saint-Etienne, de Microvitae Technologies et de l'Institut des Neurosciences des Systèmes (Unité Inserm 1106) a développé un système de capteurs biocompatibles en matériau organique, à partir de composés de carbone<sup>62</sup>. « *Avoir fait en sorte que le site d'enregistrement soit un transistor [électrochimique] organique qui produit une amplification locale du signal* » représente une révolution technologique, la qualité du signal

---

<sup>61</sup> D'après l'article L.1123-6 du code de la santé publique, introduit par la loi du 9 août 2004 :

« *Avant de réaliser une recherche biomédicale sur l'être humain, le promoteur est tenu d'en soumettre le projet à l'avis de l'un des comités de protection des personnes compétents pour le lieu où l'investigateur ou, le cas échéant, l'investigateur coordonnateur, exerce son activité* ».

D'après l'article L.1123-12 :

« *L'autorité compétente est l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé.*

*Lorsqu'une collection d'échantillons biologiques humains est constituée pour les seuls besoins d'une recherche biomédicale, elle est déclarée à l'autorité compétente* ».

<sup>62</sup> Khodagholy D., Doublet T., Gurfinkel M., Leleux P., Quilichini P., Ghestem A., Ismailova E., Herve T., Sanaur S., Bernard C., Malliaras G., « *In vivo recordings of brain activity using organic transistors* », *Nature Communications*, 12 mars 2013.

étant multipliée par 10 par rapport aux systèmes classiques existants<sup>63</sup>. Outre un emploi dans le cadre d'une interface cerveau-machine, ce système pourrait également être utilisé à des fins diagnostiques, par exemple pour l'épilepsie, ou pour la cartographie fonctionnelle dans le contexte de neurochirurgie des tumeurs cérébrales.

Si les projets de recherche sont essentiellement axés sur l'optimisation des protocoles de stimulation permettant d'améliorer certaines capacités cognitives et sur les effets physiques secondaires, il faut également prendre en compte le risque que cette amélioration puisse en fait se faire au détriment d'autres fonctions cognitives<sup>64</sup>.

#### 2.2.4 – Applications dans le domaine de la défense

Les développements dans le domaine des neurosciences présentent un intérêt d'un point de vue militaire, comme le montrent par exemple deux rapports américains publiés en 2008 et 2009 : *Emerging cognitive neuroscience and related technologies*<sup>65</sup> et *Opportunities in neuroscience for future army applications*<sup>66</sup>. Un rapport de 2012 de la *Royal Society* sur les neurosciences, les conflits et la sécurité identifie un certain nombre de techniques et développements qui pourraient être exploités dans le domaine de la défense, notamment dans le contexte du recrutement, de la formation, de la capacité opérationnelle et de la « réparation »<sup>67</sup> :

- ⇒ Les techniques de neuroimagerie peuvent donner des indications sur la flexibilité neurale et les comportements de prise de risques (recrutement). Elles ont également permis d'identifier des marqueurs neuronaux associés à une perception visuelle sous le seuil de conscience (détection des cibles) ;
- ⇒ Les techniques de stimulation cérébrale (formation) ;
- ⇒ Les agents neuropharmacologiques, permettant d'améliorer les fonctions cognitives et de limiter les effets de la privation de sommeil (capacité opérationnelle), mais offrant également de nouvelles perspectives pour le traitement du stress post-traumatique ;
- ⇒ Les systèmes d'interface neurale, permettant une connexion entre le système nerveux d'un être humain et un système (contrôle à distance, mais aussi « réparation » après blessure) ;
- ⇒ Les technologies d'amélioration des performances neurales.

Par ailleurs, les projets développés dans le cadre de la DARPA (*Defense Sciences Office*) illustrent bien tout le potentiel de ces nouvelles technologies. En avril 2013, le

---

<sup>63</sup> Inserm (Communiqué de presse) : « Une puce 100% biocompatible pour mesurer l'activité du cerveau », 12 mars 2013.

<sup>64</sup> Luculano T., Cohen Kadosh R., « The mental cost of cognitive enhancement », *The Journal of Neuroscience*, 2013;33(10):4482-4486.

<sup>65</sup> National Research Council. *Emerging cognitive neuroscience and related technologies*. Washington, DC: National Academies Press. 2008.

<sup>66</sup> National Research Council. *Opportunities in neuroscience for future army applications*. Washington, DC: National Academies Press. 2009.

<sup>67</sup> The Royal Society, « Brain Waves Module 3: Neuroscience, Conflict and Security », 2012.

Président Obama a annoncé le lancement d'un programme de recherche destiné à révolutionner les connaissances relatives au cerveau humain. Le directeur de la DARPA a ainsi résumé la philosophie et les objectifs de cette initiative :

*« The President's initiative reinforces the significance of understanding how the brain records, processes, uses, stores and retrieves vast quantities of information »<sup>68</sup>.*

En 2014, la DARPA va en effet investir environ 50 millions de dollars à la recherche sur le fonctionnement cérébral et à la mise au point de nouvelles applications à partir du résultat de ces travaux. Deux principaux axes de recherche ont été identifiés : d'une part, le développement de nouveaux outils permettant de mesurer et d'analyser les signaux électriques et les dynamiques moléculaires au niveau cérébral, et d'autre part, l'exploration et la modélisation des fonctions cérébrales. Les avancées dans ce domaine vont permettre d'accroître les connaissances relatives aux lésions cérébrales et aux mécanismes de réparation, ainsi que de développer de nouveaux outils de diagnostic, stratégies thérapeutiques et dispositifs destinés à être utilisés en cas de blessures traumatiques. Elles pourront également servir à la conception de nouveaux processeurs. Les questions sociétales afférentes seront prises en compte.

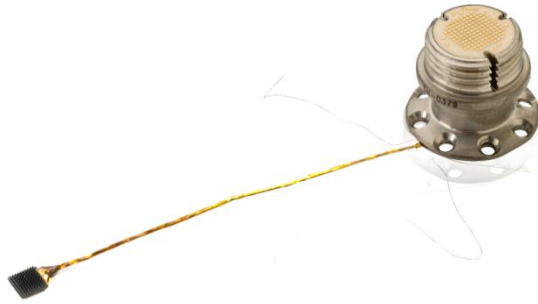
Parmi les différents axes de recherche en cours financés par la DARPA, les suivants, reposant sur des approches multidisciplinaires, vont plus particulièrement contribuer aux progrès dans le domaine des neurosciences ou exploiter les connaissances sur le fonctionnement du cerveau humain, avec des applications concrètes pour les forces armées :

- ➔ **SyNAPSE – Systems of Neuromorphic Adaptative Plastic Scalable Electronics.** Ce projet a pour objectif la conception d'un processeur reproduisant la manière dont le cerveau humain traite l'information. Dans ce cadre, IBM a entre autres développé des puces neuronales à capteurs capables de simuler certains processus du cerveau humain, ainsi qu'un modèle de programmation.
- ➔ **REMIND – Restorative Encoding Memory Integration Neural Device.** Il s'agit de déterminer de quelle manière la mémoire à court terme est encodée afin de pouvoir ensuite restaurer la mémoire à l'aide de dispositifs permettant de contourner les régions cérébrales lésées. Un modèle biomimétique d'hippocampe pourrait jouer le rôle de prothèse neurale.
- ➔ **Enabling Stress Resistance.** Le développement d'un modèle animal adapté doit permettre d'étudier les effets de multiples facteurs de stress sur le cerveau en exploitant les nouvelles technologies et les avancées dans les domaines de la neurobiologie moléculaire, de la neuro-imagerie et de la modélisation moléculaire. Cette approche a pour but d'arriver à développer des moyens cognitifs, comportementaux ou pharmacologiques permettant de prévenir ou limiter les effets du stress.
- ➔ **Revolutionizing Prosthetic.** Ce programme, lancé en 2006, a permis la conception de deux prototypes de prothèses de bras robotique modulaire, la mise au point de prothèses correspondant aux membres supérieurs du corps étant au départ considérée comme plus complexe d'un point de vue médical et technique. Dans ce

---

<sup>68</sup> DARPA, « *Better understanding of human brain support national security* », (Communiqué de presse) 2 avril 2013.

cadre, des chercheurs ont par ailleurs obtenu des résultats prometteurs en matière de contrôle d'un tel système grâce à une interface neurale<sup>69,70</sup>.



NeuroPort™ Array. Exemple de prothèse neurale, stérilisée et adaptée à l'utilisation chez l'être humain. Taille : 16,5 mm (hauteur), 19 mm (diamètre de la base), 11 mm (diamètre du corps). © Blackrock® Microsystems.

- ➔ **Narrative networks.** Ce programme porte sur l'étude de l'incidence des discours narratifs dans les processus cognitifs et comportementaux, en cherchant par exemple à déterminer le rôle qu'ils peuvent avoir dans le syndrome de stress post-traumatique, mais aussi comment ils pourraient contribuer à son traitement. Parmi les axes de recherche figure l'analyse de l'impact neurobiologique de ces discours narratifs sur les hormones et les neurotransmetteurs, l'interaction entre émotion et cognition et le circuit de la récompense.
- ➔ **DCAPS – Detection & Cocomputational Analysis of Psychological Signals Information.** Il s'agit de développer de nouveaux outils analytiques permettant d'évaluer l'état psychologiques des militaires, dans un contexte caractérisé par une incidence élevée de syndromes de stress post-traumatique chez les vétérans revenant d'Irak et d'Afghanistan.

Les réflexions dans ce domaine ne sont pas uniquement anglo-saxonnes. Il y a ainsi eu en 2012 un rapport du Conseil Général de l'Armement sur cette thématique<sup>71</sup>. Il considère principalement trois axes :

- ⇒ L'apport des neurosciences biomédicales destinées à la prise en charge des blessés et victimes militaires ;
- ⇒ Les technologies et moyens permettant d'assurer la performance des militaires et touchant leur rapport avec les systèmes ;
- ⇒ L'amélioration des stratégies de sélection, d'apprentissage et d'entraînement des militaires.

Outre les considérations scientifiques et technologiques, le rapport souligne l'importance de respecter des limites éthiques, représentées par trois principes : le **principe de réversibilité**, le **principe de libre arbitre** et le **principe de respectabilité et de respect de la vie d'autrui**. En ce qui concerne la réversibilité, au-delà des conséquences pour la personne elle-même, il faut ainsi envisager la place de cette personne (par exemple un

---

<sup>69</sup> Hochberg L., Bacher D., Jarosiewicz B., Masse N., Simeral J., Vogel J. et al., « Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm », *Nature*, 2012;485(7398):372-375.

<sup>70</sup> Collinger J., Wodlinger B., Downey J., Wang W., Tyler-Kabara E., Weber D. et al., « High-performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia », *Lancet*, 2013;381(9866):557-564.

<sup>71</sup> Binder P., « Évolution des neurosciences : conséquences pour la défense », 2012.

militaire de retour à la vie civile après une opération extérieure) dans la société civile et la question de l'acceptabilité par les autres<sup>72</sup>.

### 2.3 – *Enjeux et gouvernance*

Les enjeux qui doivent être étudiés apparaissent de natures diverses – éthiques, juridiques, sociétaux, voire philosophiques – et vont être liés aux stades de développement des technologies. Certains d'entre eux sont étroitement liés à la réalisation des travaux de recherche eux-mêmes (par comparaison avec les applications potentielles), par exemple quand il s'agit d'étudier la faisabilité d'intégrer les technologies au corps humain, avec notamment un recours à des solutions technologiques invasives ou partiellement invasives. Les questions qui se posent ne sont alors pas propres à ce type de technologies mais relèvent de la recherche biomédicale. Lorsque les recherches ne portent plus uniquement sur l'amélioration des connaissances mais visent au développement d'applications destinées à améliorer les performances humaines – par comparaison au fait de préserver ou restaurer des fonctions –, une étape est franchie et la question peut se poser différemment pour les chercheurs et les professionnels de santé impliqués.

Au-delà de la phase de R&D, il faut également envisager comment les solutions technologiques seront employées, par qui et dans quel but. Leurs caractéristiques intrinsèques et les risques auxquels la personne pourrait être exposée, par exemple s'il s'agit d'un dispositif à caractère invasif nécessitant une intervention chirurgicale, vont bien évidemment avoir une incidence sur l'évaluation du rapport bénéfices / risques.

Il faut de plus se poser la question en termes d'acceptabilité par les personnes dont les performances pourraient être augmentées, mais aussi par l'entourage et la population en général. D'après une étude américaine axée sur l'apport des nanotechnologies, le fait qu'une application ait avant tout un but médical ou thérapeutique représente l'un des principaux facteurs d'adhésion pour les personnes sondées, même si cette application peut par ailleurs être utilisée à des fins d'amélioration des performances<sup>73</sup>.

Il faut par ailleurs prendre en considération le caractère dual de ces recherches et technologies, avec des applications aussi bien civiles que militaires, et envisager quelles pourraient être leur impact d'un point de vue opérationnel mais aussi en termes de maîtrise des armements. Cette analyse va dépendre des technologies considérées elles-mêmes, ainsi que des applications envisagées. Dans un document soumis à la réunion des experts de la Convention sur l'interdiction des armes biologiques, le Royaume-Uni

---

<sup>72</sup> Allenby B., « Are new technologies undermining the laws of war? », *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2014;70(1): 21-31.

<sup>73</sup> Hays S., Miller C., Cobb M., « Public attitudes toward nanotechnology-enabled cognitive technology enhancement in the United States », in Hays S., Robert S., Miller C., Bennett I. (eds), *Nanotechnology, the brain and the future*, Springer, 2013, pp. 43-66.



enjoint ainsi par exemple les États parties à faire attention aux implications des neurosciences pour la CIAC et la CIAB<sup>74</sup>.

En effet, s'il est possible d'améliorer les performances cognitives, il est également possible de chercher à obtenir l'effet inverse, c'est-à-dire la dégradation des performances de l'adversaire. Par exemple, des études ont montré que l'administration de propranolol pouvait s'avérer bénéfique dans le traitement des états de stress post-traumatique. Cet usage pourrait être détourné, dans le but soit de permettre à des personnes d'effectuer des actes terribles sans qu'elles en soient particulièrement affectées par la suite, soit d'amplifier l'état de stress post-traumatique chez des individus<sup>75</sup>. Cet exemple permet d'identifier deux problématiques différentes en termes de conséquences et de questionnements éthiques et juridiques.

Certaines avancées doivent déjà être considérées dans le cadre d'instruments existants, tandis que d'autres soulèvent de nouveaux questionnements et imposent de réfléchir à de nouveaux modes de gouvernance. Les neurosciences font partie des avancées scientifiques et technologiques devant être prises en compte dans le cadre de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques ainsi que de celle sur l'interdiction des armes biologiques. Il faut noter à ce propos que l'emploi de substances biochimiques n'est pas le seul moyen d'induire des perturbations au niveau du système nerveux central ou du système nerveux périphérique. On peut ainsi citer par exemple les armes à énergie dirigée. Les développements dans ce domaine ne sont à l'heure actuelle pas encadrés<sup>76</sup>.

En France, un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) souligne les extraordinaires avancées dans le domaine des neurosciences et met en lumière les enjeux, tout en soulignant que ces progrès provoquent des tensions d'ordre éthique, philosophique, juridique et social. Par exemple, il s'agit de réfléchir à la réponse à apporter en cas de découverte fortuite d'une pathologie chez une personne en bonne santé, grâce à l'amélioration des capacités de diagnostics précoces et alors que les capacités de traitement n'existent pas encore. Plus important dans le cadre de cette étude, le rapport envisage la possibilité que certaines techniques de stimulation et certains médicaments développés pour des pathologies spécifiques puissent être détournés de leur usage avec l'objectif d'améliorer technologiquement ou chimiquement les capacités des personnes (par exemple, augmentation des périodes d'éveil, des capacités d'attention et de concentration, consommation excessive de psychotropes). Dans ce contexte, le rapport insiste sur la nécessité de donner rapidement à l'Agence de la biomédecine les moyens d'exercer les compétences de veille et de contrôle sur les neurosciences, compétences que lui confère la loi relative à la bioéthique du 7 juillet 2011. Il conclut que seules une information idoine et une veille

---

<sup>74</sup> « The convergence of chemistry and biology: implications of developments in neurosciences », submitted by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, BWC/MSP/2012/MX/WP.1.

<sup>75</sup> Dando M., « L'utilisation des neurosciences à des fins malveillantes », *Forum du Désarmement*, 2005;1:19-27.

<sup>76</sup> The Royal Society, *Neuroscience, conflict and security* (Brainwave Module 3). 2012.



sanitaire par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) et l'Agence de la biomédecine pourront éviter la généralisation et les dérives de ces pratiques qu'une société de la performance encourage<sup>77</sup>.

Considérant l'augmentation des performances humaines, le Club de réflexion et de recherche stratégique de l'Irsem s'est intéressé plus spécifiquement aux implications pour la défense et la sécurité, en 2010<sup>78</sup>.

Toute la question est d'évaluer si et surtout comment encadrer le développement de ces technologies sans pour autant brider l'innovation et la recherche. Cependant, avant même de considérer les instruments internationaux existants ou qu'il faudrait négocier, il faut commencer par souligner l'importance des questions de responsabilité des scientifiques et de gouvernance appliquée à la recherche scientifique, même si ces sujets ne sont pas spécifiques aux domaines caractérisés par des convergences technologiques. Il faut noter à ce propos les débats portant sur les nanotechnologies ou la biologie de synthèse, montrant que la communauté scientifique est consciente des enjeux et des risques de dérives.

## 2.4 – **Recommandation**

*Étant donné les évolutions qui se profilent, d'après les travaux de recherche et les réflexions en cours, en particulier aux États-Unis, il apparaît important de participer à la réflexion normative concernant la question de l'amélioration des performances humaines, d'autant plus que la France dispose de capacités de recherche dans ce domaine. Ces recherches offrent de formidables perspectives, mais il faut aussi envisager les limites et les risques de dérive.*

*L'Académie des Sciences pourrait être chargée d'organiser cette réflexion qui doit impliquer des acteurs variés : scientifiques des différents domaines concernés par les développements (dont des pharmacologues, toxicologues, biochimistes, ingénieurs, etc.), médecins (dont des neurologues, psychiatres, neurochirurgiens, etc.), pharmaciens, représentants des ministères concernés (recherche, santé, défense, industrie, etc.), représentants des agences impliquées (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, Agence de la biomédecine, etc.), juristes, spécialistes d'éthiques, représentants de la société civile (dont du CICR, etc.), philosophes, etc.*

*Un certain nombre de questions méritent, entre autres, d'être examinées :*

- ⇒ *État des réflexions et programmes aux États-Unis et au niveau européen : quelles différences et quelles convergences ?*
- ⇒ *À partir d'une analyse bénéfices / risques, quelles sont les applications et les solutions technologiques qui paraissent envisageables ?*

---

<sup>77</sup> Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Claeys A., Vialatte J-S.), « L'impact et les enjeux des nouvelles technologies d'exploration et de thérapies du cerveau », Mars 2012.

<sup>78</sup> Club de réflexion et de recherche stratégique de l'Irsem, « Augmentation des performances humaines avec les nouvelles technologies : Quelles implications pour la défense et la sécurité ? », 2010.

- ⇒ *En l'état actuel des connaissances, où peut-on définir la limite entre ce qui est acceptable ou non, en fonction de considérations d'éthique et de déontologie médicale ?*
- ⇒ *Est-ce que certaines applications pourraient poser un problème du point de vue du droit international humanitaire ?*
- ⇒ *Qui pourrait bénéficier de ces améliorations ? Faudrait-il limiter l'accès à ces technologies une fois qu'elles seront développées ?*
- ⇒ *Quels sont les axes de recherche qui devraient être soutenus de manière prioritaire, au niveau national ?*

*Un séminaire axé sur la question de l'amélioration des performances humaines pourrait être organisé et les résultats des travaux de réflexions publiés par l'Académie des Sciences sous forme d'un rapport.*



## **Armes chimiques et biologiques : Impacts de la convergence scientifique et technologique sur les accords de maîtrise des armements et désarmement**

---

Les technologies convergentes sont une source de progrès scientifiques et techniques, permettant d'envisager des sauts technologiques, mais les développements s'accompagnent néanmoins de défis en termes de sécurité et de sûreté, et donc de gouvernance (Nordmann, 2004). Accident, mésusage et double usage font partie des risques identifiés.

Technologies émergentes et phénomènes de convergence peuvent avoir un impact en termes de dualité, avec le développement potentiel de biens à double usage. Considérant un usage militaire ou même détourné par des acteurs non étatiques des convergences technologiques, il convient d'évaluer leur impact sur les instruments de désarmement et de maîtrise des armements. Elles peuvent en effet les affaiblir voire les rendre obsolètes, avec le perfectionnement d'armes existantes ou le développement de nouvelles catégories d'armes. Ces avancées scientifiques et techniques, caractérisées par leur dualité peuvent également avoir des applications bénéfiques, contribuant aux objectifs des Conventions. Elles peuvent en effet potentiellement les renforcer, contribuant par exemple à l'amélioration des moyens techniques mis en œuvre dans le cadre d'un régime de vérification. Cette dimension est d'autant plus importante pour la CIAC, étant donné le régime de vérification associé. Ces développements peuvent aussi permettre d'améliorer les méthodes de détection d'agents chimiques ou biologiques, les diagnostics et contre-mesures médicales, les équipements de protection individuelle, ou les méthodes de décontamination.

En sus, les avancées relatives aux technologies convergentes peuvent également avoir une incidence sur les régimes de contrôle des exportations (groupes informels ou régimes communautaires, par exemple) et sur les mécanismes de contrôle nationaux<sup>79</sup>. Des questions relevant des droits de l'Homme et portant sur l'intégrité et l'inviolabilité du corps humain se posent également, par exemple avec les détournements potentiels dans le domaine des neurosciences.

---

<sup>79</sup> *An international perspective on advancing technologies and strategies for managing dual-use risks: Report of a workshop*, 2005 – [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=11301&page=R1](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11301&page=R1)

## 1 – Convergence entre les deux Convention : focus sur quelques technologies et applications

### 1.1 – *Biologie systémique*

La biologie systémique vise à étudier le fonctionnement des systèmes biologiques dans leur globalité, en intégrant les différents niveaux d'information. François Képès la définit ainsi comme la science de l'analyse systémique des comportements dynamiques et spatiaux de réseaux d'interaction entre<sup>80</sup>. L'une de ses applications est l'étude du système immunitaire, qui représente un système complexe, bien qu'il soit rarement appréhendé comme tel. Une meilleure connaissance des mécanismes immunitaires va permettre de développer de nouvelles stratégies thérapeutiques, mais elle peut également permettre d'envisager comment affaiblir ou contourner les défenses immunitaires<sup>81</sup>.

La biologie systémique s'est développée à partir des disciplines regroupées sous l'appellation d'« omiques », dont le développement doit être replacé dans le contexte de l'amélioration des connaissances grâce au projet Génome Humain. Elle repose plus particulièrement sur la génomique fonctionnelle. Celle-ci correspond à la partie de la génomique qui étudie la fonction des gènes, leur régulation et les interactions de leurs produits d'expression, ARN et protéines, la génomique structurale étudiant la structure physique et l'organisation du génome et du protéome (Commission générale de terminologie et de néologie, 2006). Les travaux dans le domaine de la génomique fonctionnelle permettent de développer des modèles quantitatifs d'organismes et de cellules. Ils concourent également à identifier et valider de nouvelles cibles et des stratégies thérapeutiques innovantes, à partir de l'étude des mécanismes de régulation de l'expression des gènes, dans des conditions normales ou pathologiques. Induire la surexpression ou au contraire l'extinction de certains gènes peut en effet rendre possible l'identification de ceux qui sont impliqués dans des pathologies d'origine génétique.

Les progrès concernant les techniques de séquençage représentent une avancée importante pour cette discipline. L'une des premières méthodes de séquençage, qui reste toujours la plus employée au monde à l'heure actuelle, est la méthode enzymatique Sanger (la méthode chimique de Maxam et Gilbert n'est quasiment plus utilisée). Celle-ci reste lente et coûteuse. L'introduction du séquençage nouvelle génération ou NSG (ou séquençage massif parallèle) peut être qualifiée de saut technologique. Ce procédé est surtout utilisé pour le séquençage de l'exome, qui correspond aux seules séquences codantes de l'ADN, pour des raisons de coût, de temps et de génération de données plus fiables<sup>82</sup>. Ces avancées ont été accompagnées d'une telle diminution des coûts de séquençage que les facteurs limitant sont désormais, pour beaucoup d'expérimentations,

---

<sup>80</sup> Képès F., (Centre de recherche en épistémologie appliquée, Ecole polytechnique, CNRS), « La biologie de synthèse comme vecteur d'un renouveau de biotechnologie (présentation, plateforme « Génétique et société ») », GenoToul, mai 2011.

<sup>81</sup> Nixdorff K., « A l'attaque du système immunitaire », *Forum du désarmement*, 2005;1:29-40.

<sup>82</sup> Rauch A., « Le séquençage nouvelle génération – Un saut quantique dans l'explication des maladies génétiques », *Forum Med Suisse*, 2012;12(3):44-46.

le temps et le coût des réactifs pour la préparation des échantillons et donc des bibliothèques<sup>83</sup>. Le séquençage haut débit ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour l'identification de gènes impliqués dans des maladies héréditaires, de facteurs génétiques de prédisposition ou encore d'anomalies génétiques tumorales, en distinguant entre mutations principales et secondaires. Ces outils trouvent également des applications diagnostiques<sup>84</sup>. De plus, de par leur potentiel, ils impliquent d'envisager la dimension éthique.

## 1.2 – **Biologie de synthèse**

La convergence entre chimie et biologie est manifeste au niveau des méthodes de production des agents chimiques et biologiques. En effet, il est possible de produire des composés chimiques par des méthodes de production biologiques, en mettant notamment à profit les biotechnologies, mais aussi d'obtenir des produits biologiques par des méthodes de production chimiques.

Ces deux perspectives peuvent être retrouvées dans la biologie de synthèse :

La **biologie de synthèse** correspond à une nouvelle approche de la biologie, pluridisciplinaire, qui recouvre de manière générale la conception et la synthèse de composants et systèmes biologiques, soit n'existant pas dans la nature, soit en modifiant des éléments existants. Si la biologie de synthèse représente une nouvelle discipline, résultant de la convergence de connaissances et de techniques issues d'autres disciplines telles que le génie génétique, la physique, les nanotechnologies, les biotechnologies, l'ingénierie électrique et mécanique, ou encore la modélisation informatique, ses frontières restent floues. Il n'existe en effet pas de définition communément admise. Deux exemples de définitions, au niveau européen :

*“Synthetic biology is an emerging area of research that can broadly be described as the design and construction of novel artificial biological pathways, organisms or devices, or the redesign of existing natural biological systems”.* (Société royale de Londres)

*“Synthetic biology is the engineering of biology: the synthesis of complex, biologically based (or inspired) systems which display functions that do not exist in nature. This engineering perspective may be applied at all levels of the hierarchy of biological structures – from individual molecules to whole cells, tissues and organisms. In essence, synthetic biology will enable the design of ‘biological systems’ in a rational and systematic way”.* (Synthetic Biology, Applying Engineering to Biology, Report of a NEST High-Level Experts Group)

De nombreux champs d'application peuvent être envisagés, par exemple en ce qui concerne la production d'énergie renouvelable, le développement de traitements thérapeutiques, ou la décontamination de l'environnement. L'industrie pharmaceutique

---

<sup>83</sup> Rohland N., Reich D., « Cost-effective, high-throughput DNA sequencing libraries for multiplexed target capture », *Genome Res*, 2012;22(5):939-46.

<sup>84</sup> Le Gall J-Y., « Techniques d'analyse du génome et de son expression : applications médicales », *Bull Acad Natle Méd*, 2012;196(1):151-71.

investit par exemple dans ce domaine et la synthèse par Sanofi en vue d'une production industrielle d'un précurseur de l'artémisinine, substance active utilisée dans le traitement du paludisme, représente une étape importante<sup>85</sup>. La biologie de synthèse représente en effet une filière de la bioéconomie en plein essor.

Par ailleurs, plusieurs exemples illustrent également les nouvelles perspectives offertes par le développement de la biologie de synthèse, mais sont aussi à l'origine de controverses quant à l'utilisation des connaissances et techniques mises en œuvre<sup>86</sup> : la synthèse d'un virus ayant les caractéristiques biochimiques et pathogéniques d'un poliovirus<sup>87</sup>, l'obtention par génétique inverse d'un virus comportant les 8 segments génomiques de la souche de 1918 et de virus recombinants comportant certains de ces segments<sup>88</sup>, et, plus récemment, l'obtention d'une copie du génome d'une bactérie, *Mycoplasma genitalium*<sup>89</sup>, par recombinaison *in vitro* de « cassettes » résultant de l'assemblage – en fonction de la séquence naturelle – de segments d'ADN obtenus par synthèse chimique, clonage de ces assemblages intermédiaires et identification de ceux présentant les bonnes séquences, puis enfin assemblage final par clonage chez la levure et identification d'un clone présentant la séquence recherchée (un gène impliqué dans la pathogénicité n'a cependant pas été repris et des marqueurs ont été introduits afin de différencier le génome synthétique). Ce génome ne pouvait pas se reproduire de manière autonome, mais ces recherches ont ensuite abouti à la création de la première cellule bactérienne contrôlée par un génome obtenu par synthèse et assemblage. Ce génome synthétique de *Mycoplasma mycoides* (comprenant comme précédemment des marqueurs et des délétions) a en effet été introduit dans une cellule de *Mycoplasma capricolum*. Les nouvelles cellules de *M. mycoides*, contrôlées par un chromosome synthétique, présentent les propriétés phénotypiques attendues et sont capables de s'auto-répliquer<sup>90</sup>.

Les questions éthiques mais aussi liées à la propriété intellectuelle, à la protection, à la sûreté et à la sécurité font partie des principales préoccupations associées à ce domaine

---

<sup>85</sup> Meunier B., « Les molécules hybrides comme stratégie de création de nouveaux agents anti-infectieux », *Compte Rendu Chimie*, 2011;14(4):400-405.

<sup>86</sup> Samuel G., Selgelid M., Kerridge I., « Back to the future: Controlling synthetic life trade in DNA sequences », *Bulletin of the Atomic Scientist*, 2010;66(5):9-20.

<sup>87</sup> Cello J., Paul AV., Wimmer E., « Chemical synthesis of poliovirus cDNA: generation of infectious virus in the absence of natural template », *Science*, 2002 Aug 9;297(5583):1016-8.

<sup>88</sup> Tumpey TM., Basler CF., Aguilar PV., Zeng H., Solórzano A., Swayne DE., Cox NJ., Katz JM., Taubenberger JK., Palese P., García-Sastre A., « Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus », *Science*, 2005 Oct 7;310(5745):77-80.

<sup>89</sup> Gibson DG., Benders GA., Andrews-Pfannkoch C., Denisova EA., Baden-Tillson H., Zaveri J., Stockwell TB., Brownley A., Thomas DW., Algire MA., Merryman C., Young L., Noskov VN., Glass JL., Venter JC., Hutchison CA. 3rd, Smith HO., « Complete chemical synthesis, assembly, and cloning of *Mycoplasma genitalium* genome », *Science*, 2008;319(5867):1215-20.

<sup>90</sup> Gibson DG., Glass JL., Lartigue C., Noskov VN., Chuang RY., Algire MA., Benders GA., Montague MG., Ma L., Moodie MM., Merryman C., Vashee S., Krishnakumar R., Assad-Garcia N., Andrews-Pfannkoch C., Denisova EA., Young L., Qi ZQ., Segall-Shapiro TH., Calvey CH., Parmar PP., Hutchison CA 3rd, Smith HO., Venter JC., « Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome », *Science*, 2010;329(5987):52-6.



d'innovations<sup>91</sup>, <sup>92</sup>. La problématique de la dualité a ainsi été exprimée dans un rapport de l'Académie des sciences américaine :

« *DNA synthesis technology could allow for the efficient, rapid synthesis of viral and other pathogen genomes – either for the purposes of vaccine development, or for malevolent purposes or with unwanted consequences* »<sup>93</sup>.

De plus, il faut garder à l'esprit que la biologie de synthèse peut également permettre la synthèse de structures chimiques n'existant pas dans la nature, comme par exemple des séquences de nucléotides<sup>94</sup>.

La réflexion sur les enjeux de la biologie de synthèse, intégrant les questions de sûreté, n'est pas uniquement anglo-saxonne. Un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) intitulé « *Les enjeux de la biologie de synthèse* » et présenté par Mme G. Fioraso a été publié en 2012. Il souligne que les pays européens se sont très tôt inquiétés des aspects éthiques et sécuritaires, incluant les risques liés aux possibilités de détournements d'usage des technologies de la biologie de synthèse, lié à son potentiel d'usage dual. Le secteur de la défense et de la sécurité est donc concerné à la fois par les perspectives de développements et par les questions de sûreté. Un rapport sur la biologie de synthèse a ainsi été produit par le Conseil Général de l'Armement. Confrontés à un besoin en matière de surveillance des technologies duales dans le cadre du fonctionnement du Groupe Australie, des responsables de la défense et de la sécurité nationale ont commandé des rapports sur cette thématique, avec par exemple une réflexion sur le développement d'un système permettant de canaliser et contrôler les exportations de nucléotides<sup>95</sup>.

### 1.3 – **Autres méthodes de production de composés chimiques par des méthodes de production biologique**

Plusieurs autres méthodes sont en train d'être développées et améliorées<sup>96</sup> :

La **biocatalyse**, représentant une alternative à la catalyse organométallique et permettant la synthèse de produits chimiques d'intérêt grâce à l'activité enzymatique d'enzymes qui vont accélérer les réactions chimiques ou jouer le rôle de catalyseurs. Différentes

---

<sup>91</sup> Anderson & al., « Engineering and ethical perspectives in synthetic biology », *EMBO Reports*, 2012;13(7):584-90.

<sup>92</sup> IRGC, « *Synthetic Biology: Risk and Opportunities of an emerging field (Concept Note)* », International Risk Governance Council, Geneva. 2008.

<sup>93</sup> Committee on Advances in Technology and the Prevention of Their Application to Next Generation Biowarfare Threats, National Research Council, *Globalization, biosecurity, and the future of life sciences*, The National Academies Press, Washington, DC. 2006.

<sup>94</sup> Chiarabelli C., Stano P., Luisi P.L., « Chemical approaches to synthetic biology », *Current Opinion in Biotechnology*, 2009;20:492-97.

<sup>95</sup> Binder P., « L'impact de la bioéconomie sur le secteur de la défense-sécurité : l'exemple de la biologie de Synthèse », *Annales des Mines – Réalités industrielles*, 2013;1:83-90.

<sup>96</sup> Tucker J., « The convergence of biology and chemistry: Implications for arms control verification », *Bulletin of the Atomic Scientist*, 2010;66(6):56-6.

procédures peuvent être employées<sup>97</sup>. Les progrès en matière de séquençage ADN et de synthèse des gènes ont permis des avancées importantes en permettant de mettre au point des biocatalyseurs grâce à des méthodes d'étude des structures (design) et d'ingénierie des protéines<sup>98, 99</sup>.

L'emploi de biocatalyseurs présente des avantages, les procédés étant plus performants, avec la synthèse de composés optiquement actifs puisque les réactions enzymatiques sont en général stéréosélectives. Ils sont également considérés comme étant moins polluants, car l'utilisation de solvants organiques est moins importante, participant ainsi à la chimie verte. Il pourrait cependant à terme y avoir un risque, avec par exemple l'utilisation d'halogénases afin de produire des composés chimiques toxiques contenant des éléments chlorés ou soufrés dans leur composition<sup>100</sup>.

Le « *Molecular farming* » (ou « *biopharming* »), qui consiste à produire à partir de plantes transgéniques des protéines recombinantes, comme par exemple des anticorps monoclonaux, des cytokines, des enzymes, ou des vaccins sous-unités<sup>101</sup>. Les avancées en biologie moléculaire et dans le domaine des biotechnologies ont permis le développement de cette approche. Un anticorps monoclonal pour la prophylaxie contre la rage a pu être obtenu par des plantes transgéniques<sup>102</sup>.

En ce qui concerne la production de molécules biologiques par des méthodes de production chimiques, il faut également prendre en compte la possibilité de la **synthèse peptidique** par voie chimique, par exemple par ligation chimique, pouvant être enzymatiquement médiée, ou la synthèse en phase solide. Certaines toxines sont de nature peptidique, par exemple les toxines de venins de scorpions ou de serpents, de même que les biorégulateurs.

#### 1.4 – **Nanotechnologies**

La politique européenne sur les nanomatériaux est fondée sur le plan d'action adopté par la Commission européenne. Celle-ci a diffusé en 2008 des recommandations sur un code de bonne conduite pour une recherche responsable en nanosciences et nanotechnologies<sup>103</sup>.

---

<sup>97</sup> Nestl BM., Nebel BA., Hauer B., « Recent progress in industrial biocatalysis », *Curr Opin Chem Biol*, 2011;15(2): 187-93.

<sup>98</sup> Meyer H-P., Turner J., « Biotechnological manufacturing options for organic chemistry », *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, 2009;6:300-306.

<sup>99</sup> Bornscheuer UT., Huisman GW., Kazlauskas RJ., Lutz S., Moore JC., Robins K., « Engineering the third wave of biocatalysis », *Nature*, 2012;485(7397):185-94.

<sup>100</sup> Tucker, 2010.

<sup>101</sup> Melnik S., Stoger E., « Green Factories for Biopharmaceuticals », *Curr Med Chem*, 2013;20(8):1038-46.

<sup>102</sup> Ko K., Koprowski H., « Plant biopharming of monoclonal antibodies », *Virus Research*, 2005;111:93-100.

<sup>103</sup> Recommandation de la Commission du 07/02/2008 concernant un code de bonne conduite pour une recherche responsable en nanosciences et nanotechnologies.

Un deuxième examen réglementaire relatif aux nanomatériaux a également été publié en 2012<sup>104</sup>.

Dans le domaine de la santé publique, les nanosciences, couplées aux neurosciences, permettent le développement de nouvelles stratégies thérapeutiques. L'administration de molécules directement au niveau du cerveau fait partie des axes de recherche, en particulier pour le traitement de maladies neurodégénératives ou de tumeurs cérébrales. Le passage de la barrière hématoencéphalique (BHE) représente cependant un obstacle majeur. Si les substances liposolubles peuvent en général franchir cette barrière, les substances non liposolubles ou ionisées ne passent pas. De plus, beaucoup de molécules thérapeutiques liposolubles franchissent cette barrière moins bien que ce qui pourrait être attendu d'après leur solubilité. L'emploi de nanoparticules est donc une piste particulièrement intéressante, non seulement à cause de leur taille mais aussi à cause de leurs propriétés physico-chimiques spécifiques. Des avancées importantes ont été faites dans ce domaine. À titre d'exemple, une équipe a réussi pour la première fois à mettre en évidence chez la souris l'administration active de nanoparticules au niveau de métastases cérébrales, par l'intermédiaire de macrophages issus de monocytes circulants injectés par voie systémique, permettant ainsi de contourner la BHE<sup>105</sup>.

Différentes autres voies d'administration ont été étudiées pour l'administration ciblée de nanoparticules destinées à permettre la vectorisation de médicaments, incluant des gènes-médicaments. Les nanoparticules de chitosan présentent ainsi un grand intérêt en tant que vecteur, permettant d'améliorer la solubilité et la stabilité des médicaments, ainsi que d'améliorer leur efficacité et réduire leur toxicité<sup>106</sup>. Ces voies d'administration incluent notamment la voie oculaire et la voie nasale. La voie nasale en particulier présente un intérêt important, notamment pour l'administration de vaccins mais aussi de médicaments destinés à atteindre de façon ciblée le cerveau et qui ne passeraient pas la BHE, tout en limitant l'exposition périphérique (pour limiter les effets secondaires associés). Elle permet en effet de contourner la BHE et d'atteindre le cerveau par le nerf olfactif<sup>107</sup>. Elle se dessine comme une méthode prometteuse non invasive d'administration pour des molécules bioactives telles que des hormones, des neuropeptides, des gènes-médicaments, des facteurs de croissance, l'insuline ou encore l'ocytocine. Les applications envisagées sont nombreuses, incluant des traitements contre des pathologies et états impliquant le système nerveux central, comme la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer, la chorée de Huntington, la dépression et l'anxiété, les convulsions

---

<sup>104</sup> Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil et au Comité économique et social européen. *Deuxième examen réglementaire relatif aux nanomatériaux*. 3 octobre 2012.

<sup>105</sup> Choi M-R., Bardhan R., Stanton-Maxey K., Badve S., Nakshatri H., Stanz K., Cao N., Halas N., Clare S., « Delivery of nanoparticles to brain metastases of breast cancer using a cellular Trojan horse », *Cancer Nanotechnol*, 2012;3(1-6):47-54.

<sup>106</sup> Wang J & al., « Recent advances of chitosan nanoparticles as drug carriers », *Int J Nanomedicine*, 2011;6:765-74.

<sup>107</sup> Gizurarson S., « Anatomical and histological factors affecting intranasal drug and vaccine delivery », *Curr Drug Delivery*, 2012;9(6):566-82.

ou encore les troubles alimentaires et les addictions<sup>108</sup>. Dans cette optique, l'armée américaine a ainsi accordé en 2012 un financement de 3 millions de dollars à une équipe de l'Indiana University School of Medicine dans le but de développer et mettre au point un spray nasal permettant l'administration d'une hormone de l'hypothalamus (TRH ou *Thyrotropin-releasing hormone*). Des nanoparticules biodégradables ont été utilisées comme vecteurs dans des expérimentations sur le rat. L'administration par voies orale ou injectable n'est pas possible, car elle est alors trop rapidement dégradée. L'objectif est de prévenir les suicides. Un tel médicament pourrait être administré dans une première phase, pour obtenir une action rapide en attendant que les antidépresseurs ne fassent effet.

Ces applications ne doivent cependant pas faire oublier les risques sur la santé que peuvent représenter les nanoparticules. Des recherches effectuées par des équipes du CEA et de l'université Joseph-Fournier de Grenoble ont ainsi mis en évidence que des nanoparticules de dioxyde de titane pourraient entraîner des perturbations cérébrales en cas d'exposition à de fortes doses. Leur accumulation dans les cellules endothéliales peut en effet causer une rupture de la barrière hématoencéphalique, ainsi qu'une inflammation cérébro-vasculaire. Ces résultats ont été obtenus sur un modèle *in vitro* et doivent donc être complétés<sup>109</sup>. Des études antérieures chez le rat avaient permis de montrer que des nanoparticules de dioxyde de titane pouvaient être détectées dans le cerveau après administration par voie nasale.

Par ailleurs, dans le domaine de la détection, afin d'améliorer la rapidité et la sélectivité des capteurs et de continuer à miniaturiser, des recherches sont par exemple engagées sur l'utilisation des nanotubes de carbone pour les capteurs de gaz et les biocapteurs, et sur les nanofils de silicium pour les biocapteurs (avec par exemple les projets NANOBIOSENSOR, NANOBIODETECTOR et NANOBATS2, financés dans le cadre du programme PNANO 2005 et 2006 de l'ANR).

Les nanotechnologies représentent également un axe de recherche important pour le secteur de l'armement. Jürgen Altmann, physicien à l'Université de Dortmund, s'est ainsi particulièrement intéressé aux nanotechnologies d'un point de vue militaire mais aussi sous l'angle de la maîtrise des armements<sup>110</sup>. Parmi les applications potentielles en rapport avec le contexte de cette étude figurent par exemple :

- ⇒ Des capteurs miniaturisés, plus sensibles, plus sélectifs et moins onéreux pour la détection et l'identification d'agents chimiques et biologiques (ex : utilisation des nanotubes de carbone pour les capteurs de gaz et les biocapteurs, et sur les nanofils de silicium pour les biocapteurs) ;

---

<sup>108</sup> Chapman C., Frey W. 2<sup>nd</sup>, Craft S., Danielyan L., Hallschmid M., Schiöth H., Benedict C., « Intranasal treatment of central nervous system dysfunction in humans », *Pharm Res*, 2012.

<sup>109</sup> Brun E., Carriere M., Mabondzo A., « In vitro evidence of dysregulation of blood–brain barrier function after acute and repeated/long-term exposure to TiO<sub>2</sub> nanoparticles », *Biomaterials*, 2012 ;33:886—896.

<sup>110</sup> Altmann J., « Limiting military use of nanotechnology and converging technologies » (Conference), 2005. [http://cgi-host.uni-marburg.de/~nano-mr/downloads/s3/altmann\\_paper\\_final.pdf](http://cgi-host.uni-marburg.de/~nano-mr/downloads/s3/altmann_paper_final.pdf)

- ⇒ Des systèmes de vectorisation pour l'administration ciblée de substances médicamenteuses ;
- ⇒ Des vecteurs de taille plus réduite et plus précis ;
- ⇒ Des poudres et explosifs plus efficaces ;
- ⇒ Des systèmes de propulsion et des sources d'énergie miniaturisées et plus efficaces ;
- ⇒ Des satellites et lanceurs miniatures ;
- ⇒ Des sources d'énergie plus performantes et miniaturisées ;
- ⇒ De nouveaux matériaux, plus résistants ;
- ⇒ Des systèmes de communication et des ordinateurs plus rapides et miniaturisés.

### 1.5 – **Bio-informatique et outils computationnels**

L'augmentation exponentielle du volume de données biologiques, associée à leur hétérogénéité et à la complexité des modèles, soulève des défis en termes de capacité de traitement et d'analyse<sup>111</sup>. Les améliorations technologiques en matière de collecte de données, de capacité de stockage et de traitement de données biologiques, ou encore de modélisation trouvent ainsi des applications concrètes dans le domaine des sciences de la vie. La bio-informatique, discipline récente à l'interface entre l'informatique, la biologie, les mathématiques et la physique, permet de répondre à cet enjeu. En anglais, le terme *bioinformatics* recouvre le développement d'infrastructures et d'outils, comme des algorithmes, des modèles statistiques ou de logiciels de bases de données, tandis que *computational biology* est employé pour le développement et la mise en œuvre de méthodes d'analyse, à l'aide de modèles mathématiques, afin de résoudre des problèmes biologiques. Le développement de cette discipline est étroitement lié aux avancées dans les approches omiques, qui ont pour objectif d'appréhender toute la complexité du vivant dans son ensemble.

Les applications sont particulièrement importantes pour la recherche biomédicale. Elle contribue en effet à une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans le fonctionnement des cellules, ainsi que de ceux qui interviennent dans l'apparition et l'évolution de certaines maladies, ouvrant ainsi la voie au développement de stratégies thérapeutiques innovantes et à l'identification de nouvelles cibles thérapeutiques. La bio-informatique est également mise à contribution pour la recherche et le développement de nouveaux vaccins ou de médicaments. Grâce à la simulation par modélisation numérique, elle permet de prévoir la structure tridimensionnelle des molécules, d'étudier les interactions moléculaires ou de prédire la toxicité et les effets secondaires dès la phase de découverte. Le recours à la bio-informatique permet ainsi d'envisager une diminution des coûts et de la durée du cycle de développement du médicament. Par ailleurs, dans ce contexte, la médecine personnalisée, prenant en compte les spécificités moléculaires et biologiques des patients, est devenue une perspective envisageable.

---

<sup>111</sup> Nexon E., « Bio-informatique et biologie computationnelle », *Observatoire de la Non-Prolifération*, 2013;77.

Cette approche, la pharmaco-génomique, a pour objectif d'améliorer le diagnostic et le pronostic, ainsi que d'arriver à individualiser les traitements, à partir de l'étude du génome et de l'identification de marqueurs moléculaires. Il s'agit notamment de pouvoir prédire l'efficacité mais aussi la toxicité d'un traitement chez un patient.

En 2010, plus de 1 400 outils bio-informatiques et bases de données accessibles en ligne avaient ainsi été recensées. Afin de faciliter leur accès, des interfaces communes ont été créées, comme le BioCatalogue<sup>112</sup>. Il agrège le contenu d'autres sources, mais permet aussi l'enregistrement manuel de nouveaux services Web et propose un classement en fonction d'une ontologie. Des explications harmonisées expliquant les fonctions remplies par ces services et la façon de les utiliser sont également ajoutées<sup>113</sup>.

Le programme de R&D BioIntelligence, porté par Dassaults Systèmes et SoBios, illustre l'intérêt d'exploiter des outils bio-informatiques dans le domaine des sciences de la vie. Destiné aux industries pharmaceutique, cosmétique et phytosanitaire, il a en effet pour objectif de développer un environnement logiciel intégré, outil informatique devant permettre d'anticiper les échecs et surtout de favoriser et d'accélérer la découverte et le développement de nouvelles molécules et entités biologiques innovantes. Cette plate-forme de simulation et de modélisation doit être associée à des bases de données biologiques.

Ces sujets sont pris en compte dans le cadre de l'examen de l'impact des avancées scientifiques et techniques sur les Conventions d'interdiction des armes biologiques et chimiques. La bio-informatique fait partie de ces développements, de même que d'autres domaines avec lesquels il y a des interactions étroites, comme les biotechnologies, la génomique ou la protéomique.

## **2 – Convention sur l'interdiction des armes biologiques**

Au travers de l'analyse des documents produits dans le cadre de la préparation et de la tenue des Conférences d'examen successives (incluant les rapports des Comités préparatoires, les rapports sur les développements scientifiques et technologiques, les points de vue des États parties sur ces développements, les déclarations nationales, les propositions pour discussion au cours de la Conférence plénière, ou encore les déclarations finales), l'objectif de cette partie est de pouvoir étudier : le processus d'examen des avancées scientifiques et techniques, l'adéquation de ce processus par rapport aux enjeux, son évolution et les propositions d'amélioration qui ont pu être faites ; les États parties plus particulièrement impliqués ; l'évolution de la prise en compte des développements scientifiques et technologiques ; le moment où les principaux enjeux auxquels la Convention reste confrontée ont émergé ; les domaines identifiés comme représentant un risque (ou au contraire un bénéfice potentiel) au regard de la Convention. Il s'agit

---

<sup>112</sup> [www.biocatalogue.org](http://www.biocatalogue.org)

<sup>113</sup> Bhagat & al., « BioCatalogue: A universal catalogue of web services for the life sciences », *Nucleic Acids Res.*, 2010;38:689-94.



plus précisément de pouvoir identifier dans un second temps les points qui relèvent de la convergence scientifique et technologique, afin de voir comment ce concept a émergé et est pris en compte.

## **2.1 – L'examen périodique de la Convention et des avancées scientifiques et technologiques**

Les dispositions permettant de procéder à l'examen de ces avancées sont retrouvées dans l'article XII :

*« Cinq ans après l'entrée en vigueur de la présente Convention, ou avant cette date si une majorité des parties à la Convention le demande en soumettant une proposition à cet effet aux gouvernements dépositaires, une conférence des États parties à la Convention aura lieu à Genève (Suisse), afin d'examiner le fonctionnement de la Convention, en vue de s'assurer que les objectifs énoncés dans le préambule et les dispositions de la Convention, y compris celles relatives aux négociations sur les armes chimiques, sont en voie de réalisation. À l'occasion de cet examen, il sera tenu compte de toutes les nouvelles réalisations scientifiques et techniques qui ont un rapport avec la Convention ».*

La question de la prise en compte des avancées scientifiques et techniques relève de l'article I, qui définit la portée de la Convention, et de l'article XII relatif à l'examen du fonctionnement de la Convention. Il est également important de considérer dans quelle mesure cette question peut avoir une incidence sur l'application des dispositions relevant d'autres articles, et en particulier de l'article IV sur la mise en œuvre nationale, de l'article VI concernant les violations des obligations découlant des dispositions de la Convention, de l'article VII sur l'assistance en cas de danger résultant de la violation de la Convention, ou encore de l'article X sur la coopération et l'assistance techniques.

En ce qui concerne la visibilité accordée à cette problématique, avec un onglet qui y est spécifiquement consacré, le site des Nations Unies à Genève dédié à la Convention met en avant le volet sciences et technologies, au même titre que l'assistance et la coopération, et la mise en œuvre<sup>114</sup>. L'accent est plus précisément mis sur l'examen des différents développements, sur le processus intersessions, ainsi que sur la contribution des scientifiques.

*Les parties suivantes reposent sur l'exploitation des documents accessibles par les sites suivants : Biological and Toxin Weapons Convention Website (<http://www.opbw.org/>) et site des Nations Unies à Genève dédié à la Convention (<http://www.unog.ch/>).*

### **2.1.1 – De la première Conférence d'examen (1980) à la sixième Conférence d'examen (2006)**

Voir Annexe 1.

---

<sup>114</sup> [http://www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/7CD9879E9CE09EFDC1257AC500309AA7?OpenDocument](http://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/7CD9879E9CE09EFDC1257AC500309AA7?OpenDocument)



## 2.1.2 – Septième Conférence d'examen, 2011

### **A.– Organisation du processus d'examen des développements scientifiques et techniques**

L'Unité d'appui à l'application (ISU) a produit un document exposant les progrès scientifiques techniques récents présentant un intérêt pour la Convention<sup>115</sup>. Elle a en effet été priée par le Comité préparatoire de préparer ce document à partir des renseignements fournis par les États parties et les organisations internationales compétentes, incluant les observations du Groupe interacadémies (IAP)<sup>116</sup>. Parmi les grandes tendances, l'ISU souligne la convergence de différentes disciplines scientifiques. Un certain nombre d'évolutions peuvent induire un risque de prolifération, notamment l'amélioration des connaissances sur la toxicité, le pouvoir infectieux, les mécanismes de transmission, la virulence et la pathogénicité, ainsi que dans le domaine de la neurobiologie. Il faut également prendre en compte les possibilités de renforcer les agents de guerre biologique grâce au génie génétique, ainsi que les progrès en matière de capacités de production de composés bioactifs complexes. Enfin, il ne faut pas négliger les moyens de contournement des contrôles des exportations, pouvant par exemple concerner les équipements, mais aussi les séquences d'ADN obtenues par synthèse.

Le document d'information identifie les progrès et technologies suivantes :

- ⇒ La caractérisation des systèmes et réseaux biologiques, avec les progrès accomplis dans les « -omiques », en particulier la génomique, la protéomique, la métabolomique et la transcritomique ;
- ⇒ La manipulation des systèmes et réseaux biologiques, avec notamment les avancées concernant l'interférence par ARN et la nucléase à doigt de zinc ;
- ⇒ Le génie biologique appliqué aux systèmes et réseaux biologiques ;
- ⇒ La collecte et la manipulation des données biologiques, avec les progrès de la bio-informatique ;
- ⇒ La conversion de données biologiques en données numériques et le processus inverse ;
- ⇒ Les technologies génériques d'avenir.

De plus, la synthèse du Groupe interacadémies (IAP) sur les questions internationales est incluse dans le document. Elle intègre également un point sur la problématique de la convergence des sciences de la vie et d'autres disciplines.

---

<sup>115</sup> Progrès scientifiques et techniques récents présentant un intérêt pour la Convention. Document d'information soumis par l'Unité d'appui à l'application, BWC/CONF.VII/INF.3, 10 octobre 2011, et Corr.1, Corr.2, Add.1 et Corr.1 et Add.2, Add.3.

<sup>116</sup> Rapport du Comité préparatoire, BWC/CONF.VII/PC/2, 26 avril 2011.

Les États parties suivants ont soumis un document d'information<sup>117</sup> :

➔ L'**Australie** axe son rapport sur la question de la convergence entre chimie et biologie, celle-ci recouvrant entre autres les procédés à médiation biologique pour la production de produits chimiques (biosynthèse), les développements les plus récents en matière de synthèse chimique d'organismes pouvant se répliquer, les technologies de l'ADN recombinant exploitées dans la biologie de synthèse. Le document revient sur les domaines où CIAB et CIAC se chevauchent, citant ainsi les molécules se situant au milieu du spectre, la possibilité de produire des toxines et des biorégulateurs à grande échelle et la mise au point de systèmes d'administration. L'Australie rappelle les initiatives prises dans le cadre de l'OIAC, avec notamment la mise en place du groupe de travail temporaire sur la convergence. Elle soutient les recommandations faites par ce groupe en ce qui concerne le fait d'évaluer régulièrement ces avancées, par exemple par le biais d'enquêtes et d'études de faisabilité, et l'adoption d'un processus structuré permettant de suivre la convergence entre chimie et biologie. Elle trouve également intéressant d'organiser des réunions rassemblant des experts des domaines de la chimie et de la biologie.

➔ Les **États-Unis** précise qu'il n'y a eu aucune découverte majeure depuis 2006 qui aurait remis en cause la portée de la Convention ou modifié la nature de la recherche dans les sciences de la vie. Le document identifie un certain nombre de points intéressant la convention, dont :

- ⇒ Les avancées en matière de manipulation du matériel génétique et des microorganismes, ainsi que dans la compréhension des phénomènes de pathogénicité. Elles incluent notamment des applications de la biologie de synthèse et de la génomique, les technologies de séquençage et de synthèse, les technologies de l'information et de l'informatique, la biologie des systèmes et les technologies habilitantes ;
- ⇒ Les avancées concernant les systèmes d'administration ;
- ⇒ Les nanotechnologies et les nanoparticules obtenues par voie chimique ;
- ⇒ Les applications industrielles des biotechnologies, avec le recours à des équipements jetables ;
- ⇒ Les progrès en matière de surveillance, de détection et d'identification, de microbiologie légale, de contre-mesures médicales ;
- ⇒ Les technologies exploitées dans le cadre du contrôle des exportations et de la sécurité frontalière ;
- ⇒ Les technologies de l'information et les systèmes computationnels avancés.

➔ La **Chine** considère qu'il y a eu des développements presque quotidiens dans le domaine des biotechnologies, en particulier concernant :

- ⇒ La biologie de synthèse, qui permet la création par l'homme de pathogènes ;

---

<sup>117</sup> BWC/CONF.VII/INF.3/Add.1 – 23 novembre 2011 ; BWC/CONF.VII/INF.3/Add.2 – 7 décembre 2011 ; BWC/CONF.VII/INF.3/Add.3 – 12 janvier 2012.

- ⇒ La génomique, qui, avec l'apport de la bio-informatique, ouvre la voie de la modification des pathogènes ;
- ⇒ La biologie des systèmes, qui permet d'identifier des marqueurs génétiques caractérisant une population ;
- ⇒ La technologie pour l'administration ciblée des médicaments, qui facilite la dissémination de pathogènes ;
- ⇒ La microbiologie légale, qui peut favoriser la détection et le suivi des pathogènes.

Pour la Chine, ces avancées rendent plus compliquée la vérification du respect des engagements, étant donné la possibilité de créer de nouveaux agents biologiques présentant un intérêt du point de vue de la guerre biologique, de faciliter la mise au point d'armes biologiques en améliorant la stabilité des agents et en augmentant les rendements de production, ou encore de développer de nouvelles armes biologiques à partir des différences génétiques entre les races. Par ailleurs, les développements dans le domaine de la biotechnologie, ainsi que des technologies des vecteurs viraux et des aérosols, contribuent à la menace bioterroriste. Enfin, les avancées dans les domaines de la bio-informatique, de la génomique, de la biologie de synthèse et des autres champs associés rendent les biotechnologies accessibles à un nombre croissant de laboratoires, ce qui accroît le risque d'usages malveillants et d'accidents.

Dans ce contexte, la Chine propose donc de promouvoir les efforts multilatéraux, afin de renforcer l'efficacité de la Convention et faire en sorte que les recommandations portant sur la maîtrise des armements biologiques, décidées après un processus de consultations et discussions, soient effectivement mises en œuvre. Elle insiste également sur la mise en œuvre effective des mesures de sécurité biologique au niveau national, avec la mise en place d'une formation adaptée des acteurs concernés. Il faut de plus augmenter les coopérations et échanges internationaux.

➔ **La République tchèque** souligne principalement les avancées dans le domaine des nanotechnologies, et en particulier des nanobiotechnologies. Le document mentionne essentiellement les développements auxquels ont contribué les scientifiques tchèques, comme par exemple le microscope biphotonique, les méthodologies de détection, identification et surveillance des agents pathogènes et toxines, les systèmes de biocapteurs permettant la reconnaissance de biomolécules, les efforts de développement d'un vaccin à partir de la ferritine 2 (protéine), et enfin la mise en place d'une base de données de typage ayant pour objectif de rendre possible l'identification et les analyses dans le domaine de la microbiologie légale.

➔ **L'Allemagne** identifie les développements les plus pertinents depuis 2006 :

- ⇒ Les progrès en matière de bio-informatique et d'outils computationnels grâce au développement rapide des techniques de séquençage de l'ADN ayant permis l'établissement de banques de données et la mise au point d'outils analytiques.
- ⇒ La biologie de synthèse. L'Allemagne signale à ce sujet que les fournisseurs de séquences d'ADN ont entamé des discussions à propos des bonnes pratiques en

matière de gestion responsable des produits de synthèse et de contrôle des clients. Elle rappelle les initiatives menées par l'*International Association Synthetic Biology* (IASB) et l'*International Gene Synthesis Consortium* (IGSC), ainsi que la publication par l'*US Department of Health and Human Services* (HHS) de lignes directrices destinées aux fournisseurs de séquences d'ADN et portant sur le criblage des commandes. Les procédures de criblage ne concernent cependant que les séquences de plus de 200 paires de bases et ne sont souvent pas appliquées aux oligonucléotides, leur courte longueur rendant difficile la distinction entre positifs et faux positifs. Pour l'Allemagne, l'examen des commandes et des requêtes par comparaison avec des bases de données collectant des informations sur les séquences codant pour des facteurs de virulence pourrait contribuer au criblage de séquences d'ADN plus courtes.

- ⇒ Les systèmes d'administration de médicaments, avec l'exploration de l'administration par inhalation, ou par voies intradermique ou orale. Il faut également noter les progrès concernant les technologies des aérosols, avec en général l'utilisation de surfactants, mais aussi la possibilité d'employer des vecteurs viraux ou des nanoparticules comme vecteurs. Par ailleurs, la microencapsulation peut permettre de protéger les principes actifs.

➔ Dans un document très succinct, les **Pays-Bas** listent les centres de recherche et instituts qui suivent les développements scientifiques et technologiques pertinents au regard de la Convention. Ils précisent que le *Rathenau Instituut* a produit des publications à ce sujet.

➔ La **Pologne** identifie la construction de virus (artificiels) par génie génétique, les avancées relatives aux technologies omiques à haut débit contribuant au développement de vaccins, et enfin la découverte de peptides antiviraux (par exemple, les aptamères).

➔ Le **Portugal** revient en quelques lignes sur ses capacités de détection, d'identification et de contrôle.

➔ L'**Afrique du Sud** a soumis un document détaillé, se fondant sur les critères proposés par l'Australie en 2008 et définissant les avancées et applications pouvant présenter des risques liés au développement et à l'usage d'armes biologiques. Elle rappelle quatre exemples montrant que des recherches pourraient être détournées : l'introduction du gène de l'interleukine 4 dans le virus mousepox (renforçant sa virulence), la synthèse chimique du génome de poliovirus à partir de fragments d'ADN commandés sur internet, la production en se fondant sur des données publiques d'une protéine du virus de la variole pouvant s'attaquer au système immunitaire, et enfin la production du virus de la grippe de 1918 grâce à la génomique de synthèse.

Les domaines et champs scientifiques qui doivent faire l'objet d'un suivi englobent entre autres la bio-informatique, la biologie systémique, la biologie de synthèse, les bioréacteurs (dénommés fermenteurs auparavant), les aérosols et l'aérobiologie, les nanotechnologies, les neurosciences, les biocapteurs, les vaccins, les diagnostics, l'épidémiologie, ainsi que les plantes, insectes et animaux transgéniques.

➔ Le document de la **Suède** est focalisé sur le séquençage à haut débit de génomes entiers. Les techniques de la nouvelle génération de séquençage à haut débit (*Next Generation Sequencing*) ont révolutionné ce champ. Couplé aux progrès dans le domaine de la microbiologie légale, le séquençage permettrait en cas d'évènement suspecté ou avéré d'identifier l'agent infectieux en cause, de déterminer la nature délibérée ou non de l'épidémie, et d'identifier l'auteur de l'attaque.

La Suède tire les conclusions suivantes :

- ⇒ L'analyse et l'interprétation des résultats des recherches portant sur l'identification de génomes entiers entre des isolats uniques au sein d'espèces microbiennes sont complexes ;
- ⇒ Les nouveaux développements technologiques permettent la construction de souchothèques de référence, à partir des séquences de génomes entiers ;
- ⇒ Un plus grand accès aux informations génétiques et une meilleure compréhension scientifique de l'interprétation des informations relatives à la génétique microbienne ouvrent de nouvelles perspectives en matière d'enquête en cas d'allégation d'emploi ;
- ⇒ L'analyse et l'interprétation des données génétiques nécessitent des capacités et des connaissances qui ne sont pas retrouvées dans la plupart des laboratoires de routine ;
- ⇒ N'étant pour certains que peu rencontrés, tous les organismes pathogènes pertinents ne peuvent pas être traités de la même manière par ceux qui constituent les souchothèques exploitées dans le domaine de la santé publique ;
- ⇒ Étant donné les efforts collectifs, les récents développements ouvrent de nouvelles perspectives pour la Convention en matière de détection et confirmation des violations, d'identification des auteurs, et donc de dissuasion de l'usage des armes biologiques.

➔ Le **Royaume-Uni** a fourni comme précédemment un rapport détaillé. De nombreux développements ont déjà été présentés dans les rapports fournis par le Royaume-Uni ou d'autres États pour les précédentes Conférences d'examen.

Il apparaît important de noter qu'il y a de nombreuses interactions entre les avancées relevant de différents domaines technologiques et de nombreuses disciplines scientifiques reposent désormais sur une approche multidisciplinaire. Ceci implique donc d'adopter une approche multidisciplinaire en ce qui concerne l'évaluation des conséquences de ces avancées. La convergence entre biologie et chimie, qui caractérise notamment les développements dans la biologie de synthèse, les nanotechnologies et les neurosciences, apparaît comme un élément clef. Il est nécessaire d'étudier l'incidence de ces développements à la fois pour la CIAB et la CIAC.

Le document britannique identifie entre autres les domaines et technologies suivants :

- ⇒ La génomique, incluant la nouvelle génération de séquençage à haut débit (NSG) ; la protéomique, avec les biopuces à protéines et la technique du ChIP-on-chip ; et les autres omiques ;

- ⇒ La biologie systémique, la bio-informatique et les outils computationnels ;
- ⇒ La biologie synthétique ;
- ⇒ Les nanotechnologies et la nanobiotechnologie, les récents développements dans ce domaine ayant permis la création de substances et systèmes présentant des propriétés biologiques spécifiques. Les nanotechnologies peuvent d'une part être exploitées dans les domaines de la détection, de la décontamination, de la protection et pour la mise au point de contre-mesures médicales, mais aussi permettre la création de nanoparticules et nanosystèmes s'avérant dangereux ;
- ⇒ Les neurosciences, avec plus particulièrement les progrès dans les domaines des neurosciences moléculaires et génétiques, les technologies relatives à la découverte de molécules médicamenteuses, les biorégulateurs, et les technologies d'administration des médicaments au niveau cérébral ;
- ⇒ Les technologies de production biologique, avec en particulier les avancées concernant les fermenteurs et les bioréacteurs. Le développement de la « biologie de garage » est mentionné dans ce cadre ;
- ⇒ L'administration et la dispersion, avec en particulier les travaux en aérobiologie et sur la microencapsulation ;
- ⇒ La surveillance, la détection, le diagnostic et la biologie légale, bénéficiant directement du développement des techniques de séquençage du génome, avancée majeure. Concernant la détection, des systèmes de détection rapide ont été mis au point, comme par exemple des biocapteurs à ADN ou des biopuces à ADN. Il y a par ailleurs un besoin identifié de systèmes de bases de données permettant de collationner les systèmes de diagnostics au niveau national, régional et international ;
- ⇒ Les contre-mesures médicales, avec entre autres, l'apport de l'interférence par ARN ;
- ⇒ La décontamination.

L'article I couvre tous ces développements scientifiques et technologiques. L'article III porte sur la question du transfert de technologies et d'informations qui pourraient contribuer à la réalisation des activités prohibées par l'article I. Il faut de plus envisager les conséquences de certains de ces développements pour la mise en œuvre nationale prévue par l'article IV. Par ailleurs, certaines applications peuvent être mises à profit dans le contexte de l'article VII sur l'assistance, ou encore dans le cadre de la coopération et du développement des capacités en matière de prévention des maladies relevant de l'article X.

### ***B.– Déclarations nationales au début de la Conférence d'examen et déclarations des organisations internationales***

Les menaces et/ou enjeux liés aux développements scientifiques et biotechnologiques ont été mentionnés dans les déclarations d'un certain nombre d'États parties ou de groupe d'États parties, incluant le **Mozambique**, la **Turquie**, la **Roumanie**, l'**Indonésie**, les **Philippines**, les **Pays-Bas**, les **États-Unis**, le **Mexique**, le **Nigéria** et l'**Équateur**, ainsi que dans celle d'Interpol. Ce point a été un peu plus développé dans les



déclarations suivantes, dont beaucoup reviennent sur la nécessité d'augmenter la fréquence de l'examen de l'impact des développements scientifiques et technologiques :

➔ L'**Union européenne** prône des évaluations plus fréquentes concernant les développements scientifiques et technologiques, comme par exemple la convergence croissante entre chimie et biologie et les avancées rapides dans les domaines de la biologie de synthèse, des nanotechnologies. Elle propose la création d'un groupe de travail dédié à l'évaluation scientifique et technologique pendant le processus intersessions. Par ailleurs, des éléments concernant les sciences et les technologies pourraient être ajoutés à l'agenda des réunions des États parties<sup>118</sup>. Cette position est explicitée dans la décision du Conseil<sup>119</sup>.

➔ La **France** considère qu'une session annuelle n'est plus suffisante pour les sujets pertinents au regard de la Convention, étant donné la rapidité de l'évolution des sciences et technologies comme le développement de l'industrie biotechnologique<sup>120</sup>.

➔ Le **Royaume-Uni** propose que le processus intersessions à venir soit centré autour de trois thématiques, dont les développements dans les sciences et les technologies. Il mentionne également à ce propos le document de travail qu'il a soumis<sup>121</sup>.

➔ Pour l'**Irlande**, il est intéressant d'avoir des examens plus fréquents à propos des développements scientifiques et technologiques. Il faudrait donc que ce point figure à l'agenda à la fois du processus intersessions et des réunions des États parties<sup>122</sup>.

➔ Pour le **Danemark**, il est essentiel que la Convention soit actualisée afin de faire face aux défis liés aux développements biotechnologiques, en particulier avec la biologie de synthèse<sup>123</sup>.

➔ La **Bulgarie** considère que le processus intersessions pourrait être renforcé par la mise en place de groupes de travail, les développements scientifiques et technologiques étant l'un des thèmes qu'il serait intéressant d'aborder. Ce point devrait rester une priorité pour l'agenda du troisième processus intersessions<sup>124</sup>.

---

<sup>118</sup> Statement on behalf of the European Union, 5 décembre 2011.

<sup>119</sup> Council Decision 2011/429/CFSP of 18 July 2011 relating to the position of the European Union for the Seventh Review Conference of the States Parties to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxin weapons and on their destruction (BTWC).

<sup>120</sup> Intervention au débat général de Son Excellence M. Eric Danon, Ambassadeur, Représentant permanent de la France auprès de la Conférence du Désarmement, 5 décembre 2011.

<sup>121</sup> UK Statement for the Seventh Biological and Toxin Weapons Convention Review Conference, 5 décembre 2011.

<sup>122</sup> Statement by H.E. Gerard Corr, Ambassador, Permanent representative of Ireland to the United Nations, 5 décembre 2011.

<sup>123</sup> General statement by Denmark, 5 décembre 2011.

<sup>124</sup> General statement by Bulgaria at the BTWC Seventh Review Conference, 5 décembre 2011.



- ➔ La **Suisse** se déclare favorable à la mise en place d'un mécanisme efficace et flexible pour assurer un examen régulier et systématique des progrès scientifiques et technologiques<sup>125</sup>.
- ➔ La **Norvège** insiste juste sur le fait qu'il faut avoir une approche ambitieuse et prospective et qu'il est nécessaire d'examiner plus en détail les moyens de faire en sorte que la Convention puisse suivre le rythme des développements<sup>126</sup>.
- ➔ La **Fédération de Russie** précise qu'il est nécessaire d'analyser et d'identifier dans le cadre du processus intersessions les domaines spécifiques qui requièrent une attention accrue<sup>127</sup>.
- ➔ Pour l'**Ukraine**, cette Conférence offre l'occasion de prendre des décisions cruciales à propos d'un certain nombre de questions, dont celle du suivi et de l'analyse des développements scientifiques et technologiques les plus récents<sup>128</sup>.
- ➔ Pour la **Chine**, il apparaît essentiel de suivre étroitement le développement des sciences biologiques et des technologies et elle soutient les efforts destinés à améliorer le suivi et l'évaluation de leur impact. De même, soutenant le renforcement du processus intersessions, elle cite le développement des biotechnologies comme l'un des sujets méritant de faire l'objet de discussions approfondies<sup>129</sup>.
- ➔ Le **Japon**, insistant sur la nécessité d'étudier annuellement les développements scientifiques et technologiques, soutient l'idée de créer trois groupes de travail à composition non limitée, dont l'un serait dédié à l'examen des sciences et technologies. Il mentionne à ce propos la proposition portant sur les examens annuels de ces avancées, faite conjointement avec l'Australie et la Nouvelle-Zélande<sup>130</sup>.
- ➔ Pour la **Corée du Sud**, il faut réaffirmer et élargir l'interprétation des dispositions de la Convention au regard des développements scientifiques et technologiques. Par ailleurs, un examen tous les cinq ans semble insuffisant<sup>131</sup>.

---

<sup>125</sup> Déclaration prononcée par l'Ambassadeur Alexandre Fasel, Représentant permanent de la Suisse auprès de la Conférence du Désarmement, 5 décembre 2011.

<sup>126</sup> Statement by H.E. Ambassador Steffen Kongstad, Head of the Norwegian delegation 5 décembre 2011.

<sup>127</sup> Statement by H.E. Mr. Gennady Gatilov, Deputy Minister of Foreign affairs of the Russia Federation at the 7<sup>th</sup> Review Conference of the States Parties for the Biological Weapons Convention, 5 décembre 2011.

<sup>128</sup> Statement by the head of the delegation of Ukraine at BTWC Seventh review Conference, 5 décembre 2011.

<sup>129</sup> Statement by H.E. Ambassador He Yafei, Permanent Representative of China to the United Nations Office at Geneva and other international organizations in Switzerland, head of the Chinese delegation at the Seventh Review Conference of the States Parties to the Biological Weapons Convention, 5 décembre 2011.

<sup>130</sup> Statement by H.E. Mr. Mari Amano, Ambassador, Permanent Representative of Japan to the Conference of Disarmament, 5 décembre 2011.

<sup>131</sup> Statement by Ambassador Kwon Haeryong, Head of Disarmament delegation, Deputy Permanent Representative, Permanent Mission of the Republic of Korea in Geneva at the Seventh Review Conference of the States Parties to the Biological Weapons Convention, 5 décembre 2011.

- ➔ L'**Inde**, soulignant que les États parties expriment des positions globalement convergentes sur cette question, indique qu'elle a soumis un document de travail portant sur la question des développements scientifiques et technologiques<sup>132</sup>.
- ➔ Le **Pakistan** mentionne l'importance de régulièrement procéder à l'examen des développements scientifiques et technologiques, le processus devant être mis en œuvre par les États parties tout en bénéficiant de l'apport d'experts compétents<sup>133</sup>.
- ➔ Pour le **Bangladesh**, il s'avère nécessaire d'améliorer les mesures de confiance d'un point de vue qualitatif et quantitatif<sup>134</sup>.
- ➔ L'**Algérie** se déclare favorable à la mise en place d'un cadre permettant de procéder à une évaluation régulière des progrès scientifiques et technologiques<sup>135</sup>.
- ➔ Le **Maroc** mentionne la mise en place de groupes de travail sur des questions spécifiques comme la science et la technologie qui serait chargés de procéder annuellement à l'évaluation des progrès scientifiques et technologiques. Associée à l'introduction d'un système de coopération technique, cette approche milite en faveur de l'octroi d'un pouvoir décisionnel aux réunions intersessions, afin de pérenniser sa vitalité et renforcer l'intérêt des réunions annuelles. Dans ce cas, les Conférences d'examen seraient dévolues à la révision des mécanismes mis en place, avec la possibilité d'en ajuster les imperfections le cas échéant<sup>136</sup>.
- ➔ L'**Égypte** considère que la Conférence doit être l'occasion d'envisager des mesures permettant de renforcer l'efficacité de la mise en œuvre de la Convention. Dans cette déclaration, les exemples de sciences et technologies cités sont la biologie de synthèse, la biologie systémique, la technologie relative à l'administration, les nanotechnologies et les neurosciences<sup>137</sup>.
- ➔ L'**Australie** revient également sur l'idée d'établir un groupe de travail à composition non limitée, ainsi que sur l'éducation et la sensibilisation au sein de la communauté scientifique<sup>138</sup>.

---

<sup>132</sup> Statement by Ambassador Sujata Mehta, Permanent Representative of India to the Conference on Disarmament and Head of delegation, 5 décembre 2011.

<sup>133</sup> Statement by Ambassador Zamir Akram, Permanent Representative of Pakistan to the United Nations at the Seventh Review Conference, 6 décembre 2011.

<sup>134</sup> Statement by H.E. Mr. Md. Abdul Hannan, Bangladesh Ambassador & PR to the 7<sup>th</sup> Review Conference of the State Parties to the Biological and Toxin Weapons Convention (BTWC), 6 décembre 2011.

<sup>135</sup> Déclaration de M. Idriss Jazaïry, Ambassadeur, Représentant Permanent à la 7<sup>ème</sup> Conférence d'examen de la Convention sur les armes biologiques, 6 décembre 2011.

<sup>136</sup> Déclaration de SE Omar Hilal, Ambassadeur Représentant Permanent du Royaume du Maroc devant la 7<sup>ème</sup> Conférence d'examen 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, 5 décembre 2011.

<sup>137</sup> Statement of the Arab Republic of Egypt, 5 décembre 2011.

<sup>138</sup> Statement by Ambassador Peter Woolcott, Australian Permanent Representative to the Conference of Disarmament and Ambassador for Disarmament, 5 décembre 2011.

- ➔ La **Nouvelle-Zélande** mentionne juste quant à elle l'importance d'avoir en place un système robuste, étant donné le défi représenté par la rapidité des avancées scientifiques et technologiques<sup>139</sup>.
- ➔ Le **Brsil** insiste sur le fait que la dynamique du processus de révision doit être en adéquation avec les développements scientifiques et technologiques, en particulier dans les domaines des biotechnologies et des biogénétiques. Il faut donc une harmonisation entre les préoccupations en matière de sécurité et l'accès aux progrès technologiques<sup>140</sup>.
- ➔ Le **Chili** estime que la Conférence devrait réaffirmer l'intérêt des réunions d'experts, les contributions dans ce cadre permettant d'évaluer les avancées scientifiques et technologiques. L'idée de mettre en place des groupes de travail ayant des mandats spécifiques, dont l'un sur les développements scientifiques et technologiques, doit être analysée et le Chili exprime donc son intérêt pour la proposition du Japon<sup>141</sup>.
- ➔ L'**Argentine** propose un mécanisme de travail permettant l'adoption de nouvelles recommandations sur la base du consensus, l'un des trois thèmes suggérés étant les sciences et technologies<sup>142</sup>.
- ➔ Pour le **Costa Rica**, les avancées scientifiques et technologiques représentent l'un des sujets d'importance à aborder au cours du processus intersessions<sup>143</sup>.
- ➔ Les **JACKSNNZ** (Japon, Australie, Canada, Corée du Sud, Suisse, Norvège et Nouvelle-Zélande) sont d'avis qu'un examen tous les cinq ans s'avère insuffisant et qu'il faut donc un examen plus systématique et régulier. Dans leur déclaration, ils attirent également l'attention sur la proposition faite par l'Australie, le Japon et la Nouvelle-Zélande portant sur un examen annuel de ces avancées. Elle propose également la création d'un groupe de travail sur les questions scientifiques et technologiques<sup>144</sup>.
- ➔ Pour Cuba au nom du **Mouvement des Non-Alignés et autres États parties**, l'examen de ces développements devrait être réalisé de façon plus régulière et systématique. Il pourrait faire l'objet d'un point récurrent à l'ordre du jour des réunions d'experts et des réunions des États parties au cours du processus intersessions<sup>145</sup>. La **Malaisie**, qui

---

<sup>139</sup> Statement by Dell Higgle, Ambassador for Disarmament, 5 décembre 2011.

<sup>140</sup> Statement by Mr. Neil Benevides, deputy Permanent Representative of Brazil to the Conference on, Disarmament, 5 décembre 2011.

<sup>141</sup> Intervencion del Representante permanente de Chile ante las organizaciones internacionales, Embajador Pedro Oyarce, ante la 7<sup>e</sup> Conferencia de revision de Convencion de las armas biologicas, 6 décembre 2011.

<sup>142</sup> Intervencion delegación Argentina, VII Conferencia de Revision, Convencion sobre armas biologicas y toxicas, 7 décembre 2011.

<sup>143</sup> Intervención de la delegación de Costa Rica, Séptima Conferencia de Revisión de la Convención de Armas Biológicas, 5 décembre 2011.

<sup>144</sup> JACKSNNZ Joint Statement, 5 décembre 2011.

<sup>145</sup> Statement by Ambassador Rodolfo Benitez Verson, representative of Cuba, on behalf of the Group of the Non-Aligned Movement and other States Parties to the BWC., 5 décembre 2011.

fait partie des NAM, soutient également dans sa déclaration l'idée d'un examen annuel et systématique<sup>146</sup>.

➔ Le Kazakhstan, au nom des **États membres de l'Organisation du traité de sécurité collective**, considère que les avancées scientifiques et technologiques et les risques qui en résultent, justifient que des mesures réalisables permettant la vérification de la Convention soient développées. Il paraît de plus important de regarder plus en détails l'incidence de ces avancées sur la Convention<sup>147</sup>.

➔ Selon le **Comité international de la Croix Rouge (CICR)**, il est nécessaire d'améliorer les moyens d'évaluer les développements scientifiques et technologiques. Concernant la réaffirmation lors de la dernière Conférence de la portée de l'article I, celui-ci s'appliquant à ces développements, le CICR considère que cette reconnaissance seule n'est pas suffisante et qu'il est indispensable d'établir un mécanisme permettant de les évaluer régulièrement et de façon structurée. Par ailleurs, il rappelle son initiative « *Biotechnology, Weapons and Humanity* », soulignant l'importance d'augmenter les efforts en matière d'éducation dans les sciences de la vie<sup>148</sup>.

➔ L'**UNICRI** rappelle dans sa déclaration qu'il a récemment publié un rapport sur les résultats d'une étude pilote qualitative d'évaluation des risques portant sur les conséquences, en termes de sûreté biologique, des développements dans les domaines de la biologie de synthèse et des nanobiotechnologies<sup>149</sup>.

➔ Dans sa déclaration, l'**OIAC** rappelle le rôle du Conseil scientifique consultatif et précise qu'un conseiller pour la politique scientifique a été nommé auprès du Secrétariat technique. Il a pour mission de formuler les questions du Directeur général auprès du Conseil scientifique consultatif, de formuler au Directeur général des conseils en matière de politique scientifique, de faciliter le dialogue entre le Secrétariat et les communautés scientifiques, ainsi que de suivre et d'évaluer les conséquences pour l'OIAC des développements scientifiques et technologiques. Par ailleurs, cette déclaration attire l'attention sur l'importance de la convergence entre chimie et biologie, soulignant que le Conseil scientifique consultatif a mis en place un groupe de travail temporaire sur cette question.

---

<sup>146</sup> Statement by H. E. Datuk Othman Hashim, Head of the Malaysian delegation at the Seventh Review Conference of the State Parties to the Biological Weapons Convention (BWC), 5 décembre 2011.

<sup>147</sup> Statement by Belarus on behalf of the member-states of the Collective Security Treaty Organization (CSTO), 5 décembre 2011.

<sup>148</sup> Statement, of the International Committee of the Red Cross, décembre 2011.

<sup>149</sup> Speech, Ms. Kristina Kangaspunta, UNICRI Deputy Director, décembre 2011.

### **C.– Documents de travail soumis par les États parties pendant la Conférence d'examen ou en amont**

L'Inde a soumis une proposition en vue d'établir un processus d'examen structuré et systématique des développements scientifiques et technologiques<sup>150</sup>. Elle suggère d'étudier les points suivants :

- a. Examen des nouveaux développements scientifiques et technologiques présentant un intérêt au regard de la Convention :
  - Identification des développements qui pourraient potentiellement être exploités de façon contraire aux dispositions de la Convention ;
  - Identification des développements pouvant s'avérer préoccupants en ce qui concerne le bioterrorisme ;
- b. Examen des nouveaux développements scientifiques et technologiques relatifs à la surveillance des maladies, au diagnostic et au traitement des pandémies :
  - Identification des développements scientifiques et technologiques qui pourraient s'avérer particulièrement bénéfiques pour les pays en développements ;
- c. Identification des risques émergents liés à la recherche duale et aux développements impliquant les nouveaux développements scientifiques et technologiques intéressant la Convention :
  - Examen des codes de conduite volontaires pour les scientifiques, les communautés académiques et industrielles, dans les domaines intéressant la Convention ;
  - Identification des stratégies de communication sur les risques et bénéfices résultant des sciences de la vie et des biotechnologies ;
- d. Examen des développements scientifiques et technologiques pertinents dans les autres organisations internationales telles que l'OMS, l'OIE, la FAO (*Food and Agriculture Organization*) et l'IPPC (*International Plant Protection Convention*).

L'Inde a proposé que cet examen fasse l'objet d'un point à l'ordre du jour des réunions annuelles d'experts et des États parties. Les rapports identifiant ces développements, l'évaluation de leurs implications pour la Convention et les recommandations pourraient être discutés aux réunions des États parties et renvoyés à la Conférence d'examen suivante, celle-ci prenant ensuite les décisions appropriées.

L'**Australie** et le **Japon** ont proposé la création de plusieurs groupes de travail pour le processus intersessions, et l'une des thématiques traitées dans ce cadre serait l'examen annuel des avancées scientifiques et technologiques<sup>151</sup>.

---

<sup>150</sup> Proposal for structured and systematic review of science and technology developments under the Convention, submitted by India, 2011.

<sup>151</sup> A proposal for the next intersessional period, 2012-2015, submitted by Australia and Japan, 2011.

L'**Australie**, le **Japon** et la **Nouvelle-Zélande** ont par ailleurs soumis une proposition sur la mise en place d'un examen annuel des développements scientifiques et technologiques<sup>152</sup>. Chaque État partie pourrait identifier un ou plusieurs sujets à étudier l'année suivante. La réunion des États parties inviterait des organisations scientifiques internationales indépendantes à participer à un examen factuel des sujets, avec la contribution des académies des sciences et des unions scientifiques œuvrant dans le domaine des sciences de la vie. Puis ces organisations internationales discuteraient avec les États parties de leurs observations factuelles pendant les sessions du groupe de travail dédié aux questions scientifiques et techniques (S&T), à l'occasion de la réunion des experts. Les États parties discuteraient ensuite des implications pour la Convention et le médiateur du groupe de travail S&T, nommé par les États parties, serait chargé de rédiger un rapport reflétant l'examen factuel et les avis des États parties. Ce rapport serait distribué en amont des réunions des États parties. Les actions adoptées par cette réunion concernant la mise en œuvre et le fonctionnement de la Convention seraient examinées à la Conférence d'examen suivante. Par ailleurs, les reports annuels de ce groupe de travail S&T pourraient servir de base à l'examen des développements scientifiques et technologiques préparé tous les cinq ans en vue des Conférences d'examen.

La proposition des **États-Unis** pour le processus intersessions 2012-2015 inclut un point sur les sciences et technologies. Ce processus devrait permettre d'identifier les meilleures pratiques en termes de développement d'une culture de responsabilité et de mécanismes de surveillance associés, mais aussi développer des recommandations en vue de la 8<sup>ème</sup> Conférence d'examen en réponse à ces développements. Ils proposent comme précédemment la création de groupes de travail<sup>153</sup>.

Le **Royaume-Uni** identifie dans sa proposition pour l'organisation du processus intersessions les sciences et technologies comme l'une des trois thématiques qui devraient être étudiées, avec un groupe de travail dédié à chacune<sup>154</sup>. L'ordre du jour proposé est le suivant :

1. Examiner les développements ayant des implications pour la Convention, incluant pour les articles III, IV, VI, VII et X, et en faire le rapport ;
2. Identifier les actions susceptibles d'être engagées par les États parties ;
3. Envisager et promouvoir la sensibilisation et l'éducation à propos de la CIAB au sein de la communauté scientifique ;
4. Examiner les questions liées à la surveillance des développements scientifiques et technologiques ;

---

<sup>152</sup> Proposal for the annual review of advances in science and technology relevant to the Biological Weapons Convention, submitted by Australia, Japan and New Zealand, 2011.

<sup>153</sup> The next intersessional process, submitted by the United States, 2011.

<sup>154</sup> Illustrative model intersessional work programme: a proposal for task group structure and agenda items, submitted by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, BWC/CONF.VII/WP.2, 27 juillet 2011 ; Decision-making in a future BTWC intersessional work programme, submitted by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, BWC/CONF.VII/WP.10, 14 octobre 2011.



5. Considérer les implications de la convergence entre chimie et biologie, ainsi que de l'approche multidisciplinaire adoptée dans des domaines caractérisés par des développements rapides tels que la biologie de synthèse et les nanotechnologies ;
6. Discussion de la contribution au projet de rapport pour la Conférence plénière.

Les réunions, sauf décision contraire, seraient ouvertes aux représentants des organisations intergouvernementales ou non gouvernementales internationales, de l'industrie, du monde académique et d'organisations non gouvernementales.

La **Pologne** a soumis un document qui traite explicitement de la question de la convergence entre chimie et biologie, proposant de développer des réponses conjointes entre la CIAB et la CIAC. Les mécanismes d'examen de la CIAB et de la CIAC devraient conjuguer leurs efforts. Dans ce contexte, la Pologne suggère que la Conférence d'examen engage un dialogue avec l'OIAC et plus largement avec les acteurs gouvernementaux, industriels et académiques impliqués dans les questions de sécurité et sûreté chimiques et biologiques. Elle considère que la question de la convergence entre chimie et biologie devrait être envisagée dans le cadre des travaux sur la mise en œuvre nationale au cours du processus intersessions. Ils devraient impliquer les différentes parties prenantes au niveau de la CIAB et de la CIAC, des experts des questions de sécurité et sûreté chimiques et biologiques, ainsi que des représentants des industries chimiques et biologiques. Par ailleurs, la Pologne évoque la possibilité d'organiser en marge de la Conférence d'examen la tenue d'un forum de dialogue rassemblant les communautés des deux Conventions et axé sur la question de la convergence entre chimie et biologie<sup>155</sup>.

#### ***D.– Déclarations faites par la société civile***

Le professeur Graham Pearson, s'exprimant au nom de l'*University of Bradford Division of Peace Studies*, cite les avancées scientifiques et technologiques parmi les principaux développements survenus depuis la dernière Conférence d'examen. Il insiste sur la nécessité de réaffirmer que l'article I couvre tous les développements scientifiques et technologiques pertinents étant donné les progrès dans les domaines de la microbiologie, des biotechnologies, des nanotechnologies, de la génomique et de la protéomique. Il revient sur l'importance d'adopter un nouveau programme intersessions, avec par exemple la création de groupes de travail, dont l'un sur les avancées scientifiques et technologiques<sup>156</sup>.

La déclaration au nom de la *London School of Economics and Political Science* (LES) comprend également un point sur l'évaluation collective des avancées scientifiques et technologiques et l'intérêt de mettre en place de nouvelles structures, comme par

---

<sup>155</sup> Strengthening biosafety and security while the convergence of biology and chemistry has increased: building joint responses between the BTWC and CWC regimes against misuse of biological and chemical agents, submitted by Poland, 2011.

<sup>156</sup> Statement by Professor Graham Pearson of the University of Bradford Division of Peace Studies to the Seventh Review Conference of the Parties to the Convention on the Prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxin weapons and on their destruction, 6 décembre 2011.



exemple dans le cadre d'un groupe de travail ou d'un autre forum rassemblant des conseillers scientifiques issus du monde académique, de l'industrie et du gouvernement, avec une contribution d'autres sources telles que les académies nationales des sciences et des organisations non gouvernementales. Par ailleurs, il faudrait charger l'Unité d'appui à la Convention (ISU) de suivre ces développements, en lui allouant les ressources nécessaires. Les États parties pourraient disposer de rapports annuels sur les grandes tendances, complétés par des rapports détaillés sur des thématiques spécifiques telles que la biologie de synthèse<sup>157</sup>.

L'*International network of engineers and scientists for global responsibility* (INES) souligne l'importance d'adopter une approche plus systématique et analytique, soutenant l'idée d'un nouveau mécanisme d'évaluation annuelle dans le cadre d'un processus intersessions. Il suggère la création d'un groupe de travail rassemblant toutes les parties prenantes. Il propose qu'un sujet soit développé chaque année, donnant lieu à la formulation de recommandations et propositions de mesures en vue de minimiser les risques. Les avancées permettant de contribuer à la sécurité biologique devraient également être identifiées. Le rapport du groupe de travail serait présenté à la réunion des États parties suivantes<sup>158</sup>.

La déclaration du groupe de travail sur la sûreté biologique de l'IAP attire l'attention sur l'atelier organisé à l'Académie des Sciences chinoise en 2010, en coopération avec l'*International Union of Microbiological Societies* (IUMS) et l'*International Union of Biochemistry and Molecular Biology* (IUBMB) : « *Trends in Science and Technology Relevant to the BTWC* ». La synthèse de cet atelier a été incluse dans le document sur les avancées scientifiques et technologiques préparé par l'ISU<sup>159</sup>.

Pour VERTIC, l'article I de la Convention couvre les développements scientifiques et technologiques et représente une première ligne de défense tant qu'il est mis en œuvre de façon efficace dans la réglementation nationale. Cet article peut de plus être renforcé par les contrôles de transfert, les autres mesures relevant de la sûreté biologique et les actions de sensibilisation. Le succès de ces efforts est néanmoins lié à la volonté des gouvernements de les mettre en œuvre<sup>160</sup>.

La déclaration au nom du *Harvard Sussex Program on Chemical and Biological Weapons* revient sur la nécessité d'augmenter la fréquence des évaluations. Elle insiste sur la question de la convergence entre chimie et sciences de la vie et ses implications

---

<sup>157</sup> LSE Statement, 6 décembre 2011.

<sup>158</sup> INES statement to the Seventh Review Conference of the Biological and Toxin Weapons Convention, 6 décembre 2011.

<sup>159</sup> Statement by the Biosecurity Working Group of the IAP: The Global Network of Science Academies, décembre 2011.

<sup>160</sup> Statement to the Seventh Review Conference of the Biological Weapons Convention, 5 décembre 2011.

pour la CIAC et la CIAB<sup>161</sup>. Elle soutient les propositions faites par l'*Advisory Panel on Future OPCW Priorities* concernant les échanges d'expérience et les examens techniques conjoints et sur le fait que le Secrétariat technique de l'OIOAC devrait établir une liaison avec le processus de mise en œuvre de la CIAB<sup>162</sup>.

La déclaration du **SIPRI** soulève également la question de l'évaluation des développements scientifiques et technologiques. Elle pose également la question de la prise en compte de ces progrès dans le cadre des mesures de confiance. Les États parties pourraient considérer des mesures permettant une meilleure compréhension des tendances scientifiques et technologiques pertinentes. Ils pourraient regarder comment échanger des informations sur les différentes approches en matière d'examen de ces développements S&T, par exemple au cours du processus intersessions ou par la modification des mesures de confiance. Parmi les éléments considérés pourraient figurer le développement de critères pouvant être utilisés dans le cadre de mécanismes de surveillance des S&T, le type d'évaluation généralement effectué au niveau national ou international, et des indicateurs permettant d'évaluer l'impact des évaluations scientifiques et technologiques sur la mise en œuvre de la Convention. Il paraît en effet important d'échanger les meilleures pratiques en matière de méthodologies d'évaluation S&T. Il serait souhaitable que la Convention soit dotée d'un mécanisme consultatif qui pourrait par ailleurs impliquer le Conseil scientifique consultatif de l'OIAC. Enfin, le SIPRI attire l'attention sur l'expérience de l'*International Gene Synthesis Consortium* (IGCS), celui-ci cherchant à éviter le détournement des technologies de séquençage de l'ADN<sup>163</sup>.

**Pax Christi** soutient l'idée de créer une entité rassemblant des scientifiques et des responsables politiques ayant pour mission de suivre les développements scientifiques et technologiques. Elle serait permanente et soumettrait ses observations périodiquement aux réunions annuelles des États parties. Par ailleurs, il mentionne qu'il faudrait une plus grande flexibilité en ce qui concerne l'ordre du jour des réunions annuelles, étant donné la rapidité de ces évolutions<sup>164</sup>.

Le comité directeur du groupe d'étude de **Pugwash** sur la mise en œuvre de la Convention rappelle que le processus d'évaluation en place s'avère désormais inadéquat au regard des évolutions. Il mentionne spécifiquement la problématique de la

---

<sup>161</sup> Statement for the Harvard Sussex Program on Chemical and Biological Weapons to the States Parties to the Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (biological) and Toxin Weapons and on their Destruction, 6 décembre 2011.

<sup>162</sup> Report of the Advisory Panel on Future Priorities of the Organization for the Prohibition of chemical weapons, S/951/2011, 25 juillet 2011.

<sup>163</sup> Statement by Stockholm International Peace Research Institute at the Seventh Review Conference to the 1972 Biological Weapons Convention, décembre 2011.

<sup>164</sup> Take responsibility for global biosecurity, Statement of Pax Christi International to the Seventh Review Conference of the Biological Weapons Convention (BTWC), décembre 2011.

convergence entre chimie et biologie qui nécessite de faire en sorte de promouvoir des échanges entre la CIAB et la CIAC<sup>165</sup>.

### **E.– Déclaration finale**

Il a été décidé que la huitième Conférence devrait examiner le fonctionnement de la Convention eu égard, entre autres, à toutes les réalisations scientifiques et techniques ayant un rapport avec la Conférence.

Dans la déclaration finale, outre la mise à l'ordre du jour de l'impact des développements scientifiques et technologiques pour la huitième Conférence d'examen, la Conférence réaffirme la portée de l'article I :

*« 1. La Conférence réaffirme l'importance de l'article premier, qui définit la portée de la Convention. La Conférence déclare que la portée de la Convention s'inscrit dans une perspective très large et que l'article premier couvre sans équivoque tous les agents microbiologiques et autres agents biologiques et les toxines, de même que leurs composants, **que ces agents, toxines ou composants aient été créés ou modifiés naturellement ou artificiellement**, qu'ils affectent les êtres humains, les animaux ou les plantes, et quels qu'en soient l'origine ou le mode de production, de types et en quantités qui ne sont pas destinés à des fins de prophylaxie ou de protection ou à d'autres fins pacifiques.*

*2. La Conférence réaffirme que l'article premier s'applique à **toutes les innovations scientifiques et techniques dans le domaine des sciences du vivant et d'autres domaines scientifiques ayant un rapport avec la Convention**, et note que la Conférence a décidé d'inclure dans le programme intersessions pour la période 2012-2015 **un point permanent de l'ordre du jour consacré à l'examen des innovations scientifiques et techniques présentant un intérêt pour la Convention** ».*

Il faut donc avant tout noter une évolution significative, avec l'introduction du point permanent à l'ordre du jour consacré à l'examen des innovations scientifiques et techniques dans le programme intersessions pour la période 2012-2015. Il sera consacré aux questions suivantes :

*« a) Évolutions récentes de la science et de la technologie présentant un risque d'utilisation contraire aux dispositions de la Convention ;*

*b) Évolutions récentes de la science et de la technologie présentant un intérêt potentiel pour la Convention, y compris celles qui concernent plus particulièrement la surveillance, le dépistage et l'atténuation des maladies ;*

*c) Mesures pouvant être prises pour renforcer la gestion nationale des éventuels risques biologiques de la recherche-développement mettant en jeu des évolutions de la science et des techniques intéressant la Convention ;*

---

<sup>165</sup> Recommendations of the Steering Committee of the Pugwash Study Group on the implementation of the Chemical and Biological Weapons Conventions for the Seventh Review Conference of the States Parties to the Biological and Toxin Weapons Convention, décembre 2011.

- d) Codes de conduite volontaires et autres mesures propres à encourager un comportement responsable chez les chercheurs, les universitaires et les professionnels du secteur industriel ;*
- e) Éducation et sensibilisation aux risques et avantages liés aux sciences du vivant et aux biotechnologies ;*
- f) Évolutions se rapportant à la science et à la technologie intéressant les activités des organisations multilatérales telles que l’OMS, l’OIE, la FAO, le secrétariat de la CIPV et l’OIAC ;*
- g) Toute autre évolution de la science et de la technologie présentant un intérêt pour la Convention.*

*Les thèmes scientifiques ci-après seront examinés au cours de l’année indiquée :*

- a) Progrès marqués dans les technologies habilitantes, y compris les systèmes à haut débit de séquençage, de synthèse et d’analyse de l’ADN, la bio-informatique et les outils de calcul, et la biologie systémique (examen prévu en 2012) ;*
- b) Progrès marqués dans les technologies de surveillance, de dépistage, de diagnostic et d’atténuation des maladies infectieuses, et phénomènes similaires provoqués par des toxines chez les êtres humains, les animaux et les plantes (examen prévu en 2013) ;*
- c) Progrès marqués dans la compréhension du pouvoir pathogène, de la virulence, de la toxicologie, de l’immunologie et des questions connexes (examen prévu en 2014) ;*
- d) Progrès des technologies de production et de libération d’agents biologiques et de toxines et des vecteurs de ces substances (examen prévu en 2015) ».*

## **2.2 – Prise en compte des développements scientifiques et technologiques dans le cadre de la CIAB**

### **2.2.1 – Articles de la Convention sur lesquels les développements scientifiques et technologiques peuvent avoir une incidence**

La notion de progrès scientifiques est implicite dans l’article I. Néanmoins, les États parties ont éprouvé le besoin de préciser le champ d’application de la Convention en fonction de l’état de l’art. À chaque Conférence d’examen, ils ont réaffirmé que les développements scientifiques et technologiques étaient couverts par l’article I de la Convention :

**Article 1 :** *« 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 ;*
- 2) Des armes, de l’équipement ou des vecteurs destinés à l’emploi de tels agents ou toxines à des fins hostiles ou dans des conflits armés ».*

À partir de la deuxième Conférence<sup>166</sup>, il est précisé dans le paragraphe de la déclaration finale portant sur les agents biologiques et toxines que ceux-ci peuvent avoir été « *créés ou modifiés naturellement ou artificiellement* ».

La formulation pour le paragraphe sur les développements scientifiques et technologiques a varié au cours de Conférences d'examen. Le paragraphe inséré dans les déclarations finales des deuxième et troisième Conférences d'examen précise en plus « *entre autres, la microbiologie, le génie génétique et la biotechnologie* ». Il faut souligner l'importance du « *entre autres* » (*inter alia*). Dans la déclaration finale de la quatrième Conférence d'examen, la biologie moléculaire et toutes les applications issues d'études sur le génome sont rajoutées. La déclaration finale de la sixième Conférence d'examen marque une évolution, puisque la formulation, reprise dans la déclaration de la dernière Conférence, est à dessein moins précise et donc plus large : « *toutes les innovations scientifiques et techniques dans le domaine des sciences du vivant et d'autres domaines scientifiques ayant un rapport avec la Convention* ».

Dès la première Conférence d'examen, les principaux enjeux liés aux avancées scientifiques et technologiques ont donc été identifiés. Cette réaffirmation n'est cependant pas apparue suffisante. Au-delà de la réaffirmation de la portée de l'article I et plus largement de la Convention, il convient d'étudier quels sont les impacts de ces développements sur les autres dispositions de la Convention, ce qui impose de disposer d'un mécanisme adapté à cet enjeu, permettant d'adopter ensuite, le cas échéant, des mesures concrètes et pragmatiques.

Il apparaît donc important de considérer également les conséquences par rapport à l'article III, qui porte sur la question du transfert de technologies et d'informations pouvant contribuer à la réalisation des activités prohibées par l'article I, de même que par rapport à l'article IV relatif à la mise en œuvre nationale. Les contrôles aux exportations et les réglementations nationales permettent de diminuer les risques liés aux biens et technologies à double usage, donc il faut périodiquement réévaluer les listes et les mesures. Il est également important de continuer à diffuser et améliorer les méthodes d'évaluation et de gestion des risques liés aux biens et technologies à double usage. Pour une mise en œuvre efficace, une sensibilisation et une formation des différents acteurs impliqués (personnels de laboratoire, douaniers, par exemple) sont donc nécessaires.

Par ailleurs, certaines technologies peuvent avoir des applications bénéfiques. Elles peuvent donc être mises à profit dans le contexte de l'article VII sur l'assistance à un État partie en cas d'exposition à un danger, ou encore dans le cadre de la coopération prévue par l'article X. La promotion des coopérations internationales peut en effet contribuer à la mise au point de moyens de détection, d'identification, de diagnostic, de protection et de traitement.

---

<sup>166</sup> La déclaration finale à l'issue de cinquième Conférence d'examen représente une exception.

### 2.2.2 – Mécanisme permettant l'évaluation des développements scientifiques et technologiques et de leur incidence sur la Convention

Dans un message lu lors de la conférence des États parties en décembre 2010, le Secrétaire général des Nations Unies a souligné la nécessité de « *disposer de moyens structurés pour suivre et coordonner les évolutions des sciences et des technologies, afin de réduire les risques pour la sécurité internationale* ». La prise en compte des avancées scientifiques et techniques dans les sciences de la vie pouvant avoir une importance significative pour la Convention fait en effet partie des préoccupations de plus en plus appuyées.

Bien que cette problématique ait été régulièrement abordée lors des conférences d'examen successives, des réunions d'experts ou des réunions annuelles des États parties, la question persiste en ce qui concerne l'adéquation de la prise en compte dans le cadre de la Convention. Au-delà de la reconnaissance de son importance dans un contexte où les sciences de la vie évoluent bien plus rapidement que la Convention, il s'agit bien d'envisager comment relever ce défi concrètement et efficacement. Les modalités existantes sont-elles suffisantes et permettent-elles de faire face aux enjeux actuels et futurs ?

La première Conférence d'examen, qui s'est déroulée à Genève en 1980, a permis de répondre à cette obligation posée par l'article, puis la question a également été envisagée au cours des six Conférences d'examen suivantes. Si la prise en compte des développements scientifiques et techniques est prévue dans le cadre de l'examen de la Convention, d'après le texte de l'article XII, les modalités de l'évaluation de cet impact ne sont cependant pas précisées : qui procède à cette évaluation ? Selon quels critères ? À quelle fréquence ? La procédure a évolué au fil des Conférences d'examen.

Les modalités d'examen ont donc été précisées par les Comités préparatoires, avec quelques évolutions au fil des Conférences d'examen. Pour les trois premières Conférences d'examen, le Comité préparatoire a demandé aux États dépositaires de transmettre des informations sur les développements scientifiques et techniques ayant une incidence sur la Convention. À partir de la quatrième Conférence d'examen, tous les États parties, incluant les États dépositaires, sont invités à envoyer des informations. Pour la sixième Conférence d'examen, le mécanisme a évolué puisque le Secrétariat de la Conférence a préparé un document d'information. Enfin, l'ISU, établie par la Conférence précédente, a été en charge de la rédaction de ce document en vue de la septième Conférence d'examen. Quel que soit le processus adopté, tous les États parties qui le souhaitent, ont eu la possibilité de soumettre des documents d'information. Avant chaque Conférence, des États parties ont soumis des documents préparatoires, mais le tempo de ces Conférences n'a pas permis que ceux-ci fassent l'objet d'une analyse particulièrement approfondie, ce qui a encore une fois été regretté par certains participants à la dernière Conférence d'examen.

Le rythme auquel progressent les sciences de la vie impose en effet de considérer la question de la périodicité d'un tel examen. De plus, le temps consacré aux discussions



sur cette thématique lors des Conférences d'examen est forcément limité. De nombreux États parties ont insisté sur la nécessité de revoir ce processus d'examen et d'élaborer un processus en adéquation avec les enjeux (voir les déclarations officielles et les propositions soumises par les États parties au cours de la septième Conférence d'examen, ainsi que les remarques provenant des acteurs de la société civile).

Ce consensus permettait donc d'envisager que la Septième Conférence d'examen puisse faire progresser la situation. Dans la déclaration finale, la Conférence a finalement décidé qu'un point permanent à l'ordre du jour consacré à l'examen des innovations scientifiques et techniques serait introduit dans le programme intersessions pour la période 2012-2015 (voir chapitre précédent). Il va falloir évaluer comment l'introduction de la thématique comme point permanent durant le processus intersessions va contribuer à faire évoluer la situation.

### 2.2.3 – États parties (et groupes d'États parties) ayant contribué à l'évaluation des développements scientifiques et technologiques

CONFÉRENCES D'EXAMEN	ÉTATS PARTIES AYANT TRANSMIS DES CONTRIBUTIONS
<i>Première Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, URSS*</b> , Hongrie, Suède
<i>Deuxième Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, URSS,</b> <b>Suède</b> , Danemark, Tchécoslovaquie, Finlande, Canada, Hongrie au nom du Groupe des États socialistes
<i>Troisième Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, URSS,</b> <b>Suède, Australie, Canada, Suisse</b> , Danemark, Tchécoslovaquie
<i>Quatrième Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, Suède, Suisse</b> , Allemagne, Cuba, Finlande
<i>Cinquième Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, Suède, Afrique du Sud</b> , Bulgarie  (Rapport du Secrétariat de la Conférence)
<i>Sixième Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni, États-Unis, Suède, Russie, Australie, Pays-Bas,</b> <b>Argentine, Chine</b> , République tchèque, Portugal
<i>Septième Conférence d'examen</i>	(Rapport de l'ISU) <b>Royaume-Uni, États-Unis, Suède, Australie, Afrique du Sud,</b> <b>Chine, Allemagne</b> , République tchèque, Pays-Bas, Pologne, Portugal

\* Les trois États dépositaires ont soumis un rapport commun.

**En gras** : États parties ayant soumis des contributions plus détaillées.

Parmi les États parties ayant contribué à cette évaluation, le **Royaume-Uni**, les **États-Unis** et la **Suède** ont systématiquement soumis des documents d'information.

Le nombre de pays transmettant des documents en vue de contribuer à l'évaluation des développements scientifiques a été le plus important dans le cadre de la septième Conférence d'examen. Ces contributions revêtent des formes différentes selon les pays et sont plus ou moins détaillées, avec principalement : des documents d'information



détaillés identifiant tous les domaines et développements intéressant la Convention, des documents détaillant principalement les grandes avancées observées depuis la Conférence précédente et des contributions succinctes limitant l'exposé à la situation de l'État partie (présentation des développements auxquels ses scientifiques ont contribué ou de mesures contribuant à la mise en œuvre nationale).

**2.2.4 – États parties (et groupes d'États parties) mentionnant les questions liées aux développements scientifiques et technologiques dans leurs déclarations officielles au cours des Conférences d'examen**

<i>CONFÉRENCES D'EXAMEN</i>	<i>ÉTATS PARTIES AYANT FAIT MENTION DE CES QUESTIONS</i>
<i>Première Conférence d'examen</i>	<b>Argentine</b> (autres déclarations : NR)
<i>Deuxième Conférence d'examen</i>	NR
<i>Troisième Conférence d'examen</i>	<b>Pays-Bas</b>
<i>Quatrième Conférence d'examen</i>	NR
<i>Cinquième Conférence d'examen</i>	<b>Afrique du Sud, Mexique, Canada,</b> Irak, Suisse, Ukraine
<i>Sixième Conférence d'examen</i>	<b>Union européenne, Royaume-Uni, Russie, Japon, Chine, Malaisie, Corée du Sud, Argentine, Brésil, Pérou, Chili, Nouvelle-Zélande, Ukraine</b>  Mouvement des États non-alignés, Algérie, Afrique du Sud, Saint-Siège, Pakistan, Inde, France, Maroc, Bangladesh, Thaïlande, Australie  (A noter, les déclarations du <b>Comité international de la Croix Rouge</b> )
<i>Septième Conférence d'examen</i>	<b>Union européenne, France, Royaume-Uni, Irlande, Danemark, Bulgarie, Suisse, Norvège, Russie, Ukraine, Chine, Japon, Inde, Pakistan, Bangladesh, Algérie, Maroc, Égypte, Australie, Nouvelle-Zélande, Brésil, Chili, Argentine, Costa Rica, JACKSONNZ, Mouvement des États non-alignés et autres parties, États membres de l'Organisation du traité de sécurité collective</b>  Mozambique, Turquie, Roumanie, Indonésie, Philippines, Pays-Bas, États-Unis, Mexique, Nigéria, Équateur.  (À noter, les déclarations du <b>Comité international de la Croix Rouge</b> , de l' <b>UNICRI</b> et de l' <b>OIAC</b> )

**En gras** : États parties ayant plus insisté sur la question des développements scientifiques et technologiques (par exemple appelant à une évolution du processus d'examen), les autres ayant simplement fait mention de leur contribution à la menace et/ou de la nécessité de les prendre en compte dans le cadre de la Convention.

## 2.2.5 – États parties (et groupes d'États parties) ayant fait des propositions relatives à ces questions dans le cadre des Conférences d'examen

CONFÉRENCES D'EXAMEN	ÉTATS PARTIES AYANT FAIT MENTION DE CES QUESTIONS
<i>Première Conférence d'examen</i>	<b>Royaume-Uni</b> (en amont, document de travail sur la documentation de base incluant un processus permettant de produire un rapport sur les questions scientifiques et technologiques)
<i>Deuxième Conférence d'examen</i>	<b>Groupe composé de la république Démocratique d'Allemagne, de la Hongrie et de l'URSS</b> (proposition sur l'article V incluant la mise en place d'un groupe d'experts scientifiques)
<i>Troisième Conférence d'examen</i>	<b>Bulgarie, Royaume-Uni, Inde, groupe composé du Pérou, du Chili, du Panama et du Venezuela</b> (réaffirmation que l'article I couvre les développements scientifiques et technologiques) <b>Groupe composé du Pérou, du Chili, du Panama et du Venezuela</b> (proposition d'organiser une Conférence d'examen tous les cinq ans)
<i>Quatrième Conférence d'examen</i>	<b>Chili, États-Unis</b> (réaffirmation que l'article I couvre les développements scientifiques et technologiques)
<i>Cinquième Conférence d'examen</i>	<b>Chili, États-Unis, Mexique</b> (réaffirmation que l'article I couvre les développements scientifiques et technologiques) <b>Union européenne, Royaume-Uni, Japon</b> (proposition de créer un Comité scientifique consultatif)
<i>Sixième Conférence d'examen</i>	<b>Mouvement des non-alignés, Union européenne, Canada, et un groupe composé de l'Argentine, la Bolivie, le Brésil, le Chili, la Colombie, le Costa Rica, l'Équateur, le Guatemala, le Mexique, le Pérou et l'Uruguay</b> (propositions pour le processus intersessions incluant les développements scientifiques et technologiques dans les thématiques à traiter)
<i>Septième Conférence d'examen</i>	<b>Inde</b> (proposition en vue d'établir un processus d'examen structuré et systématique des développements scientifiques et technologiques) <b>Groupe composé de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et du Japon</b> (proposition sur la mise en place d'un examen annuel des développements scientifiques et technologiques) <b>Australie et Japon, Royaume-Uni</b> (dans le cadre du processus intersessions, création d'un groupe de travail dédié à l'examen des développements scientifiques et technologiques) <b>États-Unis</b> (autres propositions pour le processus intersessions incluant les développements scientifiques et technologiques dans les thématiques à traiter) <b>Pologne</b> (proposition relative à la convergence entre chimie et biologie et portant sur la possibilité de développer des réponses conjointes entre CIAB et CIAC)

(Remarque : cette liste n'est pas forcément exhaustive et est fondée sur les documents accessibles. Ce tableau ne prend pas en compte les propositions de paragraphes portant sur l'article X et sur l'agenda de la Conférence suivante dans le cadre de l'examen de l'article XII).

Au travers des propositions soumises par les États, on observe que la question de la portée de l'article I a été très tôt posée et qu'il est apparu nécessaire de réaffirmer qu'elle couvrait bien les développements scientifiques et technologiques. Les déclarations officielles, comme les propositions transmises à l'occasion des dernières Conférences d'examen, traduisent l'importance accordée par les États parties à la problématique et à la nécessité de chercher à améliorer et structurer le mécanisme d'évaluation de ces développements.

### 2.2.6 – L'implication de la société civile

Le nombre d'organisations non gouvernementales ayant participé et ayant soumis des déclarations à la dernière Conférence d'examen montre l'implication de la société civile. Nombre d'entre elles ont insisté sur l'examen des développements scientifiques et technologiques (Pugwash, Pax Christi, SIPRI, *Harvard Sussex Program on Chemical and Biological Weapons*, VERTIC, IAP, *International network of engineers and scientists for global responsibility* (INES), *London School of Economics and Political Science* (LES), *University of Bradford Division of Peace Studies*). Les propositions portent notamment sur la création de groupes de travail ou d'un organe consultatif sur le modèle du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC, et sur l'augmentation de la fréquence des examens. Le représentant du *Harvard Sussex Program* a par ailleurs insisté dans sa déclaration sur la question de la convergence entre chimie et sciences de la vie et ses implications à la fois pour la CIAC et la CIAB, soutenant une augmentation des interactions entre les deux.

Plusieurs instituts ont plus particulièrement développé des programmes de recherche portant sur l'étude des conséquences des avancées scientifiques et technologiques en termes de maîtrise des armements. Sans être exhaustif, on peut plus particulièrement citer :

- ⇒ La **Royal Society**, avec par exemple un programme sur les neurosciences, dont l'un des volets est consacré aux applications potentielles militaires et dans le domaine de la sécurité des neurosciences et des neurotechnologies. Parmi les recommandations, il est suggéré de prendre en compte les neurosciences lors de l'examen des avancées scientifiques et technologiques au cours du processus intersessions, étant donné les risques associés aux agents incapacitants (biorégulateurs, par exemple)<sup>167</sup>.
- ⇒ Le **Harvard Sussex Program** a un programme dédié à l'étude du processus d'examen des développements scientifiques et technologiques dans le cadre de la CIAB (<http://hsp.sussex.ac.uk/sandtreviews/>). Au travers d'entretiens, les chercheurs ont notamment montré que les raisons évoquées quant à la nécessité de procéder à ces examens pouvaient varier : se tenir au courant afin de pouvoir prévenir un usage détourné, mais aussi un moyen de vérifier que la mise en œuvre nationale est réalisée de manière appropriée, de favoriser la mise en œuvre des mécanismes de coopération et d'assistance (diplomatie

---

<sup>167</sup> The Royal Society, *Brain Waves Module 3: Neuroscience, Conflict and Security*, 2012.

scientifique), de sensibiliser les scientifiques, ou encore permettant de revenir à la question de la vérification<sup>168</sup>.

- ⇒ L’**IAP**, qui a organisé un atelier à l’Académie des Sciences chinoise en 2010, en coopération avec l’*International Union of Microbiological Societies* (IUMS) et l’*International Union of Biochemistry and Molecular Biology* (IUBMB) : « *Trends in Science and Technology Relevant to the BTWC* ». La synthèse de cet atelier a été incluse dans le document sur les avancées scientifiques et technologiques préparé par l’ISU<sup>169</sup>. Elle a de plus co-organisé un *side event* sur cette thématique lors de la septième Conférence d’examen.
- ⇒ Le **SIPRI**, avec un rapport intitulé « *Science and Technology and their impacts on the Biological and Toxin Weapons Convention* »<sup>170</sup>.

### 2.2.7 – Questions de convergence

Ce rapport a pris en compte toutes les mentions relatives aux développements scientifiques et technologiques dans les textes des déclarations officielles, des déclarations finales et des documents de travail. Le champ est plus large, mais dès la première Conférence d’examen les développements envisagés incluaient des domaines et applications associées à cette notion de convergence, même si le terme n’est pas cité, avec en particulier les biotechnologies. Cette tendance s’est accrue avec notamment l’identification des nanotechnologies ou de la bio-informatique comme des domaines devant être pris en compte dans le cadre d’un examen des avancées scientifiques et technologiques pouvant avoir une incidence pour la Convention.

Même si cette notion a toujours été en filigrane, étant donné les domaines considérés, la septième Conférence d’examen emploie pour la première fois le terme de convergence dans un paragraphe de la déclaration finale consacré à l’article IX, notant « *la convergence accrue des domaines de la biologie et de la chimie, ainsi que des problèmes qu’elle peut entraîner et des perspectives qu’elle peut ouvrir dans la mise en œuvre des deux Conventions* ».

---

<sup>168</sup> Revill J., McLeish C., « So you want to do ‘something’ on Science and Technology reviews in the Biological Weapons Convention? », 33<sup>rd</sup> Workshop of the Pugwash Study Group on Implementation of the CBW Conventions, Genève, 3-4 décembre 2011.

<sup>169</sup> « Statement by the Biosecurity Working Group of the IAP: The Global Network of Science Academies », décembre 2011.

<sup>170</sup> Hart J., Trapp R., *Science and Technology and their impacts on the Biological and Toxin Weapons Convention – A synthesis report on preparing for the Seventh Review Conference and Future Challenges*. 2011.

### **3 – Convention sur l’interdiction des armes chimiques (CIAC)**

#### **3.1 – *Organisation du processus d’examen des développements scientifiques et techniques***

La convention prévoit, à l’article VIII, paragraphe 21, la création d’un Conseil scientifique consultatif qui a pour mission de fournir à la Conférence, au Conseil exécutif et aux États parties des avis spécialisés dans les domaines scientifiques et techniques intéressant la Convention. Établi en 1998, il est composé d’experts indépendants désignés conformément aux critères adoptés par la Conférence, le Directeur général étant responsable de l’organisation et du fonctionnement. L’existence de cette structure dédiée représente une différence d’importance par rapport à la CIAB en ce qui concerne le suivi des innovations scientifiques et techniques et l’évaluation de leur impact au regard de la Convention. Ces progrès peuvent en particulier avoir une incidence sur le contrôle national, l’identification des installations pertinentes, ainsi que sur la vérification au niveau international.

Le Conseil scientifique consultatif remet un rapport portant sur les développements scientifiques et techniques et leur impact sur le fonctionnement de la Convention avant chaque Conférence d’examen.

#### **3.2 – *Conférences d’examen***

##### **3.2.1 – Première et deuxième Conférence d’examen (2003 et 2008)**

Voir Annexe 2.

##### **3.2.2 – Troisième Conférence d’examen, 2013**

#### **A.– *Examen du fonctionnement de la Convention depuis la première Conférence d’examen et rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques***

Afin de préparer la troisième Conférence d’examen, le Secrétariat technique a diffusé une note sur l’examen du fonctionnement de la CIAC depuis la Conférence précédente<sup>171</sup>. L’environnement scientifique et technologique a par exemple été modifié depuis la période où la Convention a été négociée. Les avancées contribuent au développement global, mais elles peuvent également générer des risques.

Certains développements progressent plus rapidement que d’autres. Les avancées concernant les microréacteurs sont ainsi plus lentes que ce qui aurait pu être imaginé au moment de la deuxième Conférence d’examen. S’il ne semble pour l’heure pas y avoir encore de changement de paradigme, il faut néanmoins garder à l’esprit que des percées scientifiques pouvant avoir une incidence sur la Convention pourraient survenir dans certains domaines.

---

<sup>171</sup> Note by the Technical Secretariat, Review of the operation of the Chemical Weapons Convention since the Second Review Conference, RC-3/S/1, 12 mars 2013.

La notion de convergence est développée, le rapport soulignant que les frontières scientifiques et technologiques deviennent de plus en plus floues entre les domaines de connaissance les plus novateurs. Il reprend la définition proposée par le MIT dans son rapport de 2011. La convergence entre chimie et biologie apparaît comme particulièrement importante du point de vue de la CIAC. Les progrès conduisent en effet par exemple à un accroissement de la production de produits chimiques par des procédés à médiation biologique (biosynthèse), ainsi qu'au développement de la biologie de synthèse et de la génomique de synthèse. D'autres types de convergences présentent également un intérêt pour la Convention, comme par exemple l'exploitation d'outils computationnels dans le domaine de la chimie.

Dans ce contexte, de plus amples informations techniques sont requises en ce qui concerne la convergence entre chimie et biologie et le rôle du groupe de travail temporaire du Conseil scientifique consultatif est donc crucial. Cette convergence peut en effet avoir une incidence sur le régime de vérification et nécessiter une plus grande collaboration avec la Convention sur l'interdiction des armes biologiques, même si une convergence technologique n'implique pas forcément une convergence juridique ou politique entre les différents traités. Certaines classes d'agents chimiques, tels que les toxines et les biorégulateurs, peuvent en effet relever de ces deux régimes. Il est rappelé que les défis engendrés par cette convergence ont également été mis en exergue à l'occasion de la septième Conférence d'examen de la CIAB.

Il apparaît donc non seulement nécessaire d'assurer un suivi régulier des grandes tendances en matière de développements scientifiques et technologiques, mais également d'identifier les facteurs qui les sous-tendent. Pour continuer à assurer ce suivi de manière efficace, l'Organisation devra s'appuyer sur un réseau élargi de parties prenantes.

L'importance de la convergence scientifique est mise en avant d'emblée dans le rapport du Conseil scientifique consultatif en vue de la troisième Conférence d'examen<sup>172, 173</sup>. En effet, les trois premiers paragraphes de la première partie sur les questions pouvant avoir une incidence pour la mise en œuvre de la Convention y sont consacrés et il est clairement indiqué qu'il s'agit d'une question devant faire l'objet d'un suivi.

La plupart des points liés à la convergence entre chimie et biologie ayant potentiellement une incidence sur la Convention relèvent de la biologie de synthèse. Ils ont pour la plupart déjà été identifiés auparavant, parfois depuis longtemps, notamment dans le cadre de la CIAB :

- ⇒ La production de produit chimique par des procédés à médiation biologique, dont il faut noter qu'elle a augmenté alors que le précédent rapport concluait

---

<sup>172</sup> Report of the Scientific advisory board on developments in science and technology for the Third Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, RC-3/DG.1, 29 octobre 2012.

<sup>173</sup> Report of the Scientific advisory board on developments in science and technology for the Third Review Conference, Remarks by the chair, RC-3/WP.1, 27 mars 2013.



qu'à l'époque les volumes étaient suffisamment faibles pour ne pas représenter un sujet préoccupant au regard de la Convention ;

- ⇒ Les technologies de l'ADN recombinant permettant de produire des systèmes biologiques dotés de nouvelles caractéristiques ;
- ⇒ La synthèse chimique de systèmes capables de se répliquer, pour le moment limitée à la création d'organismes simples ;
- ⇒ Ces procédés et technologies peuvent ainsi contribuer à faciliter la production de certaines catégories de composés chimiques tels que des toxines ou des biorégulateurs<sup>174</sup>.

Déterminer si l'expression « *fabrication par synthèse* » employée dans la partie IX sur la vérification recouvre également l'emploi de procédés à médiation biologique reste une question importante, toujours soumise à interprétation, tous les États ne déclarant pas les AIFPC en produisant. Le Conseil scientifique consultatif, constatant l'augmentation des volumes produits par ces procédés, réitère sa conclusion énoncée pour la première fois en 1999 : ces procédés en font partie.

Considérant l'impact potentiel de ces évolutions sur la Convention, le Conseil scientifique consultatif considère peu probable que les progrès résultant de cette convergence puissent être exploités pour la production des toxiques de guerre du tableau 1. Il requiert par ailleurs davantage d'informations en ce qui concerne la production de précurseurs par des procédés à médiation biologique et compte les obtenir par le biais du groupe de travail temporaire sur la convergence entre chimie et biologie.

Cette convergence induit la nécessité d'un rapprochement entre CIAB et CIAC, afin notamment d'éviter que des composés chimiques tels que des toxines ou des biorégulateurs ne soient finalement pris en compte par aucun de ces instruments. Dans une optique de rapprochement, le Conseil a initié un échange entre des deux Conventions dans le cadre du groupe de travail temporaire dédié. Pour aller plus loin, il recommande de renforcer les échanges entre les experts des deux Conventions, de même qu'entre le Secrétariat technique et l'Unité d'appui à la CIAB. De plus, les discussions sur l'impact de la convergence devraient intégrer les résultats d'examen techniques réalisés dans d'autres enceintes.

Les nanotechnologies ne vont vraisemblablement quant à elles pas avoir un impact majeur en ce qui concerne les armes chimiques, mais la possibilité qu'elles puissent permettre de mettre au point de nouveaux agents et que les résultats des travaux sur l'administration ciblée des médicaments, en particulier au niveau cérébral, puissent être détournés est néanmoins envisagée. Les préoccupations concernant une toxicité aiguë des nanomatériaux ne peuvent être confirmées. Ces points devront donc faire l'objet d'une réévaluation périodique.

---

<sup>174</sup> Seules la saxitoxine et la ricine sont inscrites au tableau 1, tandis qu'aucun biorégulateur n'est listé dans les tableaux.

Le rapport identifie également les applications intéressant la Convention et pour lesquelles les travaux reposant sur la convergence entre chimie et biologie, ainsi que l'exploitation des nanotechnologies, permettent des avancées significatives. Elles rendent ainsi par exemple possible l'amélioration des moyens de détection, de diagnostic, de traitement médical, de protection physique ou encore de décontamination.

En réponse au rapport sur les progrès scientifiques et techniques, le Directeur général de l'Organisation a insisté sur le fait que cette convergence entre chimie et biologie pouvait avoir une incidence sur la mise en œuvre de la Convention et devait donc faire l'objet de réévaluation. Il a rappelé que les États parties à la Convention sur l'interdiction des armes biologiques avaient également noté cette convergence. Dans ce contexte, le Directeur général a fait trois recommandations en vue de la troisième Conférence d'examen<sup>175</sup> :

- ⇒ Celle-ci pourrait reconnaître, à partir des travaux réalisés par le Conseil scientifique consultatif et le groupe de travail temporaire, que la convergence entre chimie et biologie allait vraisemblablement engendrer à la fois des défis et des opportunités pour la Convention ;
- ⇒ Elle pourrait prendre note du fait qu'il s'agit d'un domaine dans lequel les avancées s'effectuent à un rythme rapide et qui requiert donc un suivi systématique par le Secrétariat et le Conseil scientifique consultatif. Dans cette optique, elle pourrait également inciter les États parties à transmettre leurs propres évaluations concernant la convergence des sciences ;
- ⇒ Elle pourrait recommander d'accroître les interactions entre les experts de la chimie et de la biologie.

Les nanotechnologies représentent un autre domaine identifié par le Conseil scientifique consultatif comme pouvant avoir un impact pour la Convention. Sans qu'il soit nécessaire à ce stade d'adopter une action spécifique, la Conférence d'examen pourrait reconnaître l'importance d'assurer un suivi régulier concernant cette question.

Considérant plus spécifiquement la question de la mise en œuvre de la partie IX de l'annexe sur la vérification, le Directeur général a également rappelé la position du Conseil scientifique consultatif à propos de la portée de l'expression « fabrication par synthèse », soulignant que les pratiques en matière de déclaration diffèrent entre les États parties. Dans ce contexte, le Secrétariat technique a pour mission d'étudier la pertinence représentée par les installations produisant des produits chimiques en vrac par des procédés à médiation biologique, par rapport aux objectifs de la Convention. Il doit proposer des options politiques permettant d'obtenir une meilleure cohérence entre les pratiques des États parties.

Le régime de vérification doit rester efficace malgré l'évolution de différents facteurs extérieurs, incluant les avancées scientifiques et techniques, ou les développements au

---

<sup>175</sup> Note by the Director-general, Response by the Director-general to the report of the Scientific Advisory Board on developments in science and technology for the third Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, RC-3/DG.2, 31 janvier 2013.

sein de l'OIAC. Le Directeur général a donc demandé au Conseil scientifique consultatif de mettre en place un groupe de travail temporaire sur la vérification.

### **B.– Déclarations officielles faites par les États parties pendant la Conférence d'examen**

Pour l'**Union européenne**, les évolutions scientifiques et technologiques, incluant par exemple le fait que les frontières entre biologie et chimie deviennent de plus en plus floues, devaient faire parties des sujets étudiés dans le cadre de cette Conférence d'examen, afin d'identifier comment celles-ci pourraient affecter le fonctionnement et l'efficacité de la Convention et ainsi déterminer les moyens d'empêcher qu'elles ne l'affaiblissent. Dans cette perspective, l'importance de l'expertise du Conseil scientifique consultatif est rappelée, de même que la nécessité de réfléchir à la manière d'améliorer le dialogue avec la Convention d'interdiction sur les armes biologiques<sup>176</sup>.

Le **Luxembourg** considère qu'il est important de renforcer les liens de l'OIAC avec des partenaires stratégiques dans les domaines de la recherche scientifique, des technologies et de l'industrie chimique, domaines marqués par des avancées récentes à même d'avoir une incidence sur les futurs développements de produits chimiques et leur emploi<sup>177</sup>.

La **Norvège** rappelle dans sa déclaration que les examens de la Convention doivent prendre en compte les développements scientifiques et technologiques pertinents et les implications pour le régime. Les États parties devraient prendre en considération l'avis du Conseil scientifique consultatif et faire attention à ce que le document final l'intègre<sup>178</sup>.

La **Suisse** souligne que les progrès scientifiques et techniques constituent un défi croissant pour les dispositions de la Convention, et que la pertinence et la crédibilité de ce texte en tant qu'instrument de non-prolifération et de désarmement dépendaient beaucoup de sa capacité à faire face aux développements scientifiques rapides<sup>179</sup>.

La déclaration de la **France** revient également sur la nécessité de prendre en compte les évolutions scientifiques et technologiques afin de pouvoir assurer la pérennité du régime de vérification, précisant que des mesures techniques pourraient permettre d'atteindre cet objectif sans pour autant alourdir le fardeau des États parties. Ces mesures pourraient par exemple viser à renforcer l'exactitude des déclarations, à améliorer le processus de sélection des sites à inspecter grâce au recours encadré à des sources publiques et à l'exploitation d'informations supplémentaires fournies volontairement

---

<sup>176</sup> Statement on behalf of the European Union delivered by H.E. Jacek Bylicka, Principal adviser and special envoy for non-proliferation and disarmament of the European external action service at the Third Review Conference, RC-3/NAT.50, 8 avril 2013.

<sup>177</sup> Statement by Jean Asselborn, Deputy Prime Minister, Minister of Foreign Affairs of Luxembourg at the Third review Conference, RC-3/NAT.36, 8 avril 2013.

<sup>178</sup> Statement by H.E. Ambassador Anniken R. Krutnes, Permanent Representative of Norway to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.25, 8 avril 2013.

<sup>179</sup> Déclaration prononcée par l'Ambassadeur Markus Börlin, Représentant permanent de la Suisse auprès de l'OIAC, 8 avril 2013.

par les États, ou à l'extension des prélèvements d'échantillons et d'analyses à tous les types d'inspection industrielle afin d'en renforcer le caractère dissuasif<sup>180</sup>.

La **Nouvelle-Zélande** considère que les développements scientifiques et technologiques ont des conséquences directes sur l'évolution du rôle de l'OIAC et pour les activités de vérification. Elle mentionne que la convergence entre chimie et biologie va poser de nouveaux défis pour la Convention et que la dissémination des résultats des avancées scientifiques et technologiques risquait de favoriser l'acquisition d'armes chimiques ou de produits toxiques par des acteurs non-étatiques. Cet État partie soutient donc le fait de renforcer le rôle que joue l'OIAC en matière d'identification et de suivi des développements pertinents<sup>181</sup>.

Dans sa déclaration, la **Fédération de Russie** précise que la préservation de l'efficacité du régime de vérification conduira à la disparition de la menace représentée par la guerre chimique, et qu'à cette fin le régime doit continuer d'être amélioré afin de ne pas être distancé par les avancées scientifiques et technologiques, en l'adaptant à l'évolution mondiale de l'industrie chimique et en tenant compte de l'avis des scientifiques et des industriels. De plus, l'importance de renforcer les interactions avec la Convention sur l'interdiction des armes biologiques va s'accroître, cette évolution traduisant les développements scientifiques et technologiques<sup>182</sup>.

La **Croatie** indique qu'elle est consciente de la nécessité de s'adapter aux développements technologiques et, dans cette optique, soutient les recommandations du Conseil scientifique consultatif en matière d'éducation et d'activités d'outreach dans le cadre de la mise en œuvre nationale, grâce à des efforts concertés entre les différentes parties prenantes<sup>183</sup>.

Pour l'**Irlande**, la Conférence d'examen représente l'occasion d'envisager un spectre de questions plus large que celui abordé lors des Conférences des États parties, incluant par exemple l'impact sur la Convention des changements affectant l'environnement de sécurité ou des développements scientifiques et technologiques, ainsi que la façon d'y faire face. De plus, les travaux du Conseil scientifique consultatif représentent une ressource importante pour l'OIAC<sup>184</sup>.

Dans sa déclaration, le représentant du **Royaume-Uni** insiste sur la nécessité pour la Convention de tenir compte des avancées scientifiques et technologiques, position qu'il

---

<sup>180</sup> Déclaration de M. Pierre Ménat, Ambassadeur, Représentant permanent de la France auprès de l'OIAC à l'occasion de la 3<sup>ème</sup> session spéciale de la Conférence des États Parties de l'OIAC pour l'examen de la mise en œuvre de la Convention pour l'interdiction des armes chimiques, 9 avril 2013.

<sup>181</sup> Statement by Ambassador George Troup, Permanent representative to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.35, 9 avril 2013.

<sup>182</sup> Statement by G.V. Kalamonov, Deputy Minister of Industry and Trade of the Russian Federation at the Third Review Conference, RC-3/NAT.21, 9 avril 2013.

<sup>183</sup> Statement by H.E. Vesela Mrden Kovač, Head of the Croatian delegation at the Third Review Conference, RC-3/NAT.32, 9 avril 2013.

<sup>184</sup> Statement by H.E. Mary Whelan, Permanent Representative of Ireland to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.51, 9 avril 2013.

avait également exprimée à l'occasion de la Conférence d'examen de la Convention sur l'interdiction des armes biologiques en 2011. Il rappelle à ce sujet que le Royaume-Uni a soumis deux documents de travail dans le cadre du groupe de travail à composition non limitée qui a préparé cette troisième Conférence d'examen, l'un à propos du rapport sur les développements scientifiques et technologiques soumis par le Conseil scientifique consultatif et l'autre concernant la question de la convergence entre chimie et biologie<sup>185</sup>.

La **Belgique** revient également sur les avancées rapides dans les sciences et les technologies, soulignant que de nouveaux types d'interactions rapprochent chimie et biologie, impliquant la nécessité d'apporter des réponses nouvelles à ces innovations. Ces avancées représentent à la fois des progrès bénéfiques et un risque de détournement à des fins malveillantes. Le régime de vérification doit être adapté en fonction de ces évolutions. La déclaration cite à ce propos la question de la sélection des sites à inspecter<sup>186</sup>.

L'**Australie** considère que l'amélioration de l'efficacité des activités de vérification revêt une importance stratégique. À ce titre, le Conseil scientifique consultatif et les groupes temporaires jouent un rôle important auprès de l'Organisation, lui permettant de prendre en compte les développements scientifiques et technologiques. L'Australie envisage par ailleurs les conséquences des avancées relatives aux technologies de production et de la mondialisation croissante de l'industrie chimique sur le régime de vérification, les AIFPC étant amenées à représenter une partie encore plus importante des inspections de routine<sup>187</sup>.

La déclaration de la **Roumanie** précise que la troisième Conférence d'examen doit prendre en compte l'impact des développements scientifiques et technologiques sur l'objet et les objectifs de la Convention, dont les dispositions doivent par ailleurs être mises en œuvre sans empêcher ni les développements économiques et technologiques, ni la coopération internationale. Cet État partie soutient par ailleurs l'idée d'étudier la question des incapacitants dans le contexte des avancées scientifiques et technologiques pertinentes au regard de la Convention<sup>188</sup>. L'**Allemagne** a adopté une approche similaire, demandant à ce que la question des agents toxiques employés à des fins de maintien de l'ordre soit examinée, puisque la Conférence a reçu pour mandat de prendre en compte les avancées scientifiques et technologiques pertinentes<sup>189</sup>. Ce point est par ailleurs

---

<sup>185</sup> Statement by Mr Alistair Burt, Parliamentary Under Secretary of State for Foreign and Commonwealth affairs at the Third Review Conference, RC-3/NAT.22, 9 avril 2013.

<sup>186</sup> Statement by H.E. Mr Werner Bauwens, Special Envoy for disarmament and non-proliferation at the Third Review Conference, RC-3/NAT.23, 9 avril 2013.

<sup>187</sup> Statement by H.E. Mr Neil Mules, Permanent Representative of Australia to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.62, 9 avril 2013.

<sup>188</sup> Statement by H.E. Nineta Bărbulescu, Head of the National authority for the implementation of the Chemical Weapons Convention in Romania at the Third Review Conference, RC-3/NAT.37, 9 avril 2013.

<sup>189</sup> Statement by Ambassador Rolf Wilhelm Nickel, Commissioner of the Federal German Government for the disarmament and arms control at the Third Review Conference, RC-3/NAT.28, 9 avril 2013 ; Germany, Toxic chemicals for law enforcement, RC-3/NAT.44, 16 avril 2013.

également mentionné par le **Comité international de la Croix-Rouge** dans le contexte de l'évaluation des conséquences de ces développements<sup>190</sup>.

Le **Kazakhstan** consacre un point de sa déclaration aux avancées scientifiques et technologiques. Les rapides développements ayant affecté l'industrie chimique nécessitent en effet des normes et un contrôle de la production, du transport et de l'emploi des produits chimiques. Dans cette perspective, le pays soutient l'initiative du Secrétariat technique en matière de sécurité et sûreté chimique, de même que l'idée que l'Organisation développe une coordination plus efficace avec les Nations Unies et les autres agences internationales, ainsi qu'avec les organisations régionales et infrarégionales<sup>191</sup>.

Le **Japon** mentionne que ces développements scientifiques et technologiques peuvent avoir un impact sur le régime. Dans ce contexte, le Secrétariat technique doit préserver sa fonction et ses compétences en matière de vérification. Il apparaît donc crucial de continuer les consultations portant sur des sujets tels que l'industrie chimique et la vérification appliquée aux installations mixtes, de renforcer les interactions avec l'industrie chimique, ainsi que d'exploiter l'expertise du Conseil scientifique consultatif de manière plus proactive<sup>192, 193</sup>.

L'**Indonésie** précise également dans sa déclaration qu'il serait utile que le régime de vérification continue à être renforcé afin de tenir compte de ces avancées<sup>194</sup>.

La délégation des **Philippines** soutient le travail du Conseil scientifique consultatif, chargé de conseiller le Directeur général, les organes directeurs et les États parties dans les domaines scientifiques et technologiques pertinents<sup>195</sup>.

L'**Inde**, après avoir rappelé la pertinence du mécanisme d'examen du fonctionnement de la Convention, félicite dans sa déclaration le Directeur général pour l'organisation d'une réunion de haut niveau axée sur les développements scientifiques et technologiques à la fin de la première semaine de la Conférence d'examen. Abordant plus précisément la question de ces développements, la déclaration identifie la chimie combinatoire et la modélisation moléculaire comme comptant parmi les nouvelles technologies pouvant

---

<sup>190</sup> Statement by Christine Beerli, Vice-president, International Committee of the Red Cross at the Third Review Conference, RC-3, NAT.72, 10 avril 2013.

<sup>191</sup> Statement by Barlybay Sadykov, Ambassador-at-large of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Kazakhstan at the Third Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 10 avril 2013.

<sup>192</sup> Statement by Ambassador Mitsuru Kitano, Director-General, Disarmament, Non-proliferation and Science Department, Ministry of Foreign Affairs at the Third Review Conference, RC-3/NAT.43, 9 avril 2013.

<sup>193</sup> Japan, Possible ways for prevention of re-emergence of chemical weapons, RC-3/NAT.4, 3 avril 2013.

<sup>194</sup> Statement by H.E. Mrs. Retno Marsudi, Permanent Representative of the Republic of Indonesia to the OPCW at the Third Special Session of the Conference of State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 9 avril 2013.

<sup>195</sup> Statement by Ambassador G. Morales, Permanent Representative of the Philippines to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.64, 9 avril 2013.



avoir une incidence, les méthodes devant donc évoluer afin que cette dernière ne s'avère pas négative<sup>196</sup>.

Pour l'**Irak**, l'issue de cette Conférence devait être déterminante pour l'avenir de l'Organisation, étant donné les rapides évolutions marquant le domaine de la chimie et les sciences<sup>197</sup>.

Une partie de la déclaration du représentant de **Singapour** est consacrée à l'impact des développements scientifiques et technologiques sur le régime de vérification, celui-ci devant être adapté en fonction de ceux-ci. Le phénomène de la convergence entre plusieurs domaines scientifiques – en particulier entre chimie et biologie, mais aussi se rapportant aux nanotechnologies ou aux technologies permettant d'améliorer la production – est plus précisément mentionné. Il est aussi rappelé que le Conseil scientifique consultatif a observé qu'un rapprochement entre chimie et biologie pouvait entraîner la découverte de nouvelles méthodes de production ce qui pourrait avoir des conséquences pour le régime de vérification. Singapour insiste donc sur la nécessité de suivre ces développements et de continuer à garantir la pertinence du régime de vérification<sup>198</sup>.

Le **Groupe Africain** demande que le régime de vérification, qui a déjà été renforcé et est resté relativement efficace, continue à être renforcé, afin de tenir compte des avancées scientifiques et technologiques ainsi que des recommandations du Conseil scientifique consultatif ayant été approuvées<sup>199</sup>.

La **Zambie** rappelle que la Conférence d'examen se déroule à un moment opportun, puisque les armes chimiques représentent l'une des questions intéressant la communauté internationale, ce qui résulte en particulier de l'accélération des développements scientifiques et technologiques<sup>200</sup>.

Le **Zimbabwe** insiste dans sa déclaration sur l'importance pour les autorités nationales d'améliorer les capacités de suivi des développements et de vérification au sein de l'État partie concerné, de même que sur le renforcement de la législation nationale et des laboratoires. À ce titre, il sollicite l'aide de l'OIAC, au vu des développements rapides dans le domaine de la biochimie, soutenant la création par l'Organisation du centre de recherche destiné à aider les États parties<sup>201</sup>.

---

<sup>196</sup> Statement by Ambassador Bhaswati Mukherjee, Permanent Representative of India to the OPCW and leader of the Indian delegation to the Third Review Conference, RC-3/NAT.29, 8 avril 2013.

<sup>197</sup> Statement by H.E. Mr. Mohammad Jawad al Doreky, Deputy Minister for Foreign Affairs at the Third Review Conference, RC-3/NAT.71, 8 avril 2013.

<sup>198</sup> Statement by Singapore at Third Review Conference, RC-3/NAT.54, 8 avril 2013.

<sup>199</sup> Statement by H.E Sirajuddin Hamid Yusif, Permanent representative of the Sudan on behalf of the African Group of State Parties to the CWC, 8 avril 2013.

<sup>200</sup> Statement by her Excellency Grace E. Mutale Kabwe, Ambassador of the Republic of Zambia and Permanent Representative to the OPCW., delivered at the Third Review Conference of State Parties of the Chemical Weapons Convention, 9 avril 2013.

<sup>201</sup> Statement by Ambassador Mary Margaret Muchada, Permanent Representative of Zimbabwe to the Benelux countries, the European Union and the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons to the Third Review Conference, 9 avril 2004.

Parmi les objectifs cités à la fin de la déclaration du **Nigéria**, la Convention doit rester suffisamment flexible pour s'adapter aux évolutions de l'environnement scientifique, et en particulier à l'émergence de la convergence entre chimie et biologie<sup>202</sup>.

Le **Costa Rica** considère que, afin de mettre efficacement en œuvre la Convention, l'OIAC et les États parties doivent recevoir du Conseil scientifique consultatif les meilleurs avis spécialisés possibles et doivent également mettre en place plus fréquemment des groupes de travail temporaires destinés à soumettre des recommandations sur des thématiques spécifiques<sup>203</sup>.

À la fin de sa déclaration, le **Mexique** appelle des États parties à renforcer le régime établi par la Convention et à établir les fondations pour le travail de l'Organisation, en tenant compte des avancées scientifiques et technologiques et des défis qu'elles pourront créer pour cette Organisation<sup>204</sup>.

Enfin, il faut noter que dans des déclarations faites au nom du **Mouvement des non-alignés plus la Chine**<sup>205</sup>, la question des avancées scientifiques et technologiques est placée dans le contexte spécifique de la promotion des usages pacifiques de la chimie et de la coopération internationale, en vertu de l'article XI.

### **C.– Une session plénière dédiée aux aspects scientifiques et technologiques**

Pendant la conférence, une session plénière informelle intitulée « *The multiple use of chemicals: Innovation, science, and security* », introduite par le Directeur général Ahmet Üzümcü et présidée par Patricia Lewis (Chatham House), a été consacrée à cette thématique<sup>206</sup>. C'est la première fois qu'une telle session est organisée par le Secrétariat technique.

Les technologies associées à la production de produits chimiques ont été identifiées comme étant susceptibles de générer des risques au niveau de l'industrie chimique ou de favoriser la production de nouveaux produits toxiques. Il apparaît donc important de mieux appréhender comment ces développements scientifiques peuvent influencer sur la production de produits chimiques. À l'inverse, les avancées en matière de détection, incluant les méthodes d'échantillonnage et d'analyses, peuvent contribuer à la mise en œuvre de la Convention. Une évaluation de ces évolutions du point de vue de la Convention est donc indispensable.

---

<sup>202</sup> Statement of Nigeria, 10 avril 2013.

<sup>203</sup> Statement by Ambassador Jorge Urbina Ortega, Permanent Representative of Costa Rica to the Third Review Conference, RC-3/NAT.73, 9 avril 2013.

<sup>204</sup> Statement by Ambassador Eduardo Ibarrola Nicolás, Permanent Representative of Mexico to the OPCW at the Third Review Conference, RC-3/NAT.46, 9 avril 2013.

<sup>205</sup> Statement on behalf of the Member States of the Non-aligned movement that are State Parties to the Chemical Weapons Convention and China, Position Paper, RC-3/NAT.8, 8 avril 2013.

<sup>206</sup> Informal note by the Technical Secretariat, The multiple use of chemicals : innovation, science and security, An informal thematic discussion on science and technology during the 3<sup>rd</sup> Special Session of the Conference to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 3 juin 2013.

Les discussions concernant les développements scientifiques et technologiques soulignent que la production de produits chimiques à partir d'organismes génétiquement modifiés va continuer d'augmenter. Par ailleurs, si la biologie de synthèse est considérée comme représentant une menace sérieuse, notamment en dehors de la communauté scientifique concernée, maîtriser les procédés implique de disposer des ressources nécessaires et de temps. Avoir recours à la biologie de synthèse est donc jugé peu probable, en l'état actuel des connaissances.

Cette session a été l'occasion de mettre encore une fois l'accent sur l'importance des activités de sensibilisation et de formation à destination des scientifiques. Certains acteurs à l'origine de développements intéressants la Convention peuvent en effet ne pas avoir conscience des conséquences potentielles en termes de sécurité. Il peut par ailleurs s'avérer difficile de trouver un équilibre entre diffusion de l'information scientifique et impératifs de sécurité. Il faut arriver à impliquer les futurs scientifiques et donc trouver des moyens attractifs d'intéresser les étudiants des filières concernées. L'objectif ultime est d'arriver à avoir une influence sur le long terme et donc sur les pratiques scientifiques de ces futurs professionnels. Il a été noté que chaque État partie devait adapter les stratégies de sensibilisation et formation en fonction de son contexte national.

#### ***D.– Rapport de la Troisième Session extraordinaire***

Enjeu fondamental pour la Convention, l'importance de la prise en compte des avancées scientifiques et techniques a été réaffirmée dans le document final de la dernière Conférence d'examen. L'examen du fonctionnement de la Convention (point 9 de l'ordre du jour) a été réalisé en tenant compte de tous les progrès pertinents<sup>207</sup>.

La troisième Conférence d'examen reconnaît qu'il pourrait être nécessaire d'améliorer la mise en œuvre de la Convention étant donné l'impact des avancées scientifiques et technologiques. Il apparaît ainsi important que l'OIAC et ses organes directeurs en tiennent compte. La Conférence a rappelé le rôle joué par le Conseil scientifique consultatif, précisant que son importance serait croissante eu égard aux progrès scientifiques et technologiques. Elle a également noté la convergence croissante entre chimie et biologie, soulignant l'intérêt d'avoir mis en place le groupe de travail temporaire dédié à cette question. Elle insiste sur le fait que le Conseil doit continuer à conseiller le Directeur général et encourage les États à participer davantage aux sessions d'information qu'il organise.

Dans ce contexte, la Conférence demande au Directeur général de continuer à apporter aux États parties et aux organes directeurs de l'OIAC des avis spécialisés portant sur les développements scientifiques et technologiques, en se fondant sur les analyses du Conseil scientifique consultatif. Il doit également veiller à ce que cette question fasse partie des considérations prises en compte lors de l'identification des besoins du Secrétariat technique en matière de formation. Le Secrétariat technique est chargé de

---

<sup>207</sup> Rapport de la troisième Session extraordinaire de la Conférence des États parties chargée d'examiner le fonctionnement de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques, RC-3/3, 19 avril 2013.

continuer à renforcer les relations avec les associations internationales et régionales de l'industrie chimique.

L'examen des définitions précisées dans l'article II de la Convention a permis d'aboutir à la conclusion que celles-ci recouvraient l'impact de ces développements. Considérant l'article VI, le document final indique également que le régime de vérification doit être amélioré en conséquence, en tenant compte de l'avis du Conseil scientifique consultatif, et que l'Organisation doit pouvoir disposer des dernières technologies en matière de vérification.

### **3.3 – *Prise en compte des développements scientifiques et technologiques dans le cadre de la CIAC***

#### **3.3.1 – Mécanisme permettant l'évaluation des développements scientifiques et technologiques et de leur incidence sur la Convention**

Ce mécanisme repose sur le Conseil scientifique consultatif, composé d'experts indépendants, qui a pour mission de fournir à la Conférence, au Conseil exécutif et aux États parties des avis spécialisés dans les domaines scientifiques et techniques intéressant la Convention.

Le Conseil scientifique consultatif a établi un groupe de travail temporaire sur la convergence entre chimie et biologie. Dans ce cadre, les thématiques suivantes ont été examinées<sup>208</sup> :

- i. Synthèse de produits chimiques par procédés à médiation biologique ;
- ii. Synthèse chimique d'agents d'origine biologique (par exemple, des toxines ou des biorégulateurs) et de systèmes pouvant se répliquer ;
- iii. Signification de « fabrication par synthèse » ;
- iv. Identification de disciplines scientifiques autres que la biologie pour lesquelles une convergence avec la chimie est observée ;
- v. Retombées positives potentielles pour la Convention de la convergence entre chimie et biologie.

Un groupe de travail temporaire sur la vérification a par ailleurs été créé et s'est réuni pour la première fois en mars 2013. L'un des points porte sur les technologies nouvelles ou émergentes qui pourraient avoir une valeur ajoutée pour la vérification par rapport aux capacités existantes. L'importance des outils de partage de l'information, d'analyse des données et de communication entre les différentes unités organisationnelles a été rappelée. L'un des points de la discussion a porté sur les possibilités d'améliorer les

---

<sup>208</sup> Report of the fourth meeting of the Scientific Advisory Board Temporary Working Group on the convergence of chemistry and biology, SAB.21/WP.2, 25 novembre 2013.

capacités analytiques le *Verification Information System* (VIS) et de transférer les rapports d’inspection dans le système<sup>209</sup>.

### 3.3.2 – États parties (et groupes d’États parties) mentionnant les questions liées aux développements scientifiques et technologiques dans leurs déclarations officielles ou documents de travail au cours des Conférences d’examen

CONFÉRENCES D’EXAMEN	ÉTATS PARTIES AYANT FAIT MENTION DE CES QUESTIONS
<i>Première Conférence d’examen</i>	<b>Corée du Sud</b> (document axé sur les développements récents de la technologie chimique et le caractère général de la Convention) <b>Suède</b> (document sur le progrès technologique et les inspections de l’industrie)
<i>Deuxième Conférence d’examen</i>	<b>Inde, Singapour, Corée du Sud, Union européenne et pays associés, Pakistan, Pays-Bas, États-Unis</b>
<i>Troisième Conférence d’examen</i>	<b>Union européenne, Luxembourg, Norvège, Suisse, France, Nouvelle-Zélande, Russie, Irlande Royaume-Uni, Belgique, Australie, Roumanie, Allemagne, Kazakhstan, Japon, Indonésie, Philippines, Inde, Irak, Singapour, Groupe Africain, Zambie, Zimbabwe, Nigéria, Costa Rica, Mexique</b>

(Remarque : cette liste n’est pas forcément exhaustive et est fondée sur les documents accessibles. Ce tableau ne prend pas en compte les mentions faites en référence à l’article XI).

### 3.3.3 – Le rôle de la société civile

La société civile a joué depuis le début un rôle particulièrement important. Elle a activement soutenu les négociations ayant abouti à l’adoption de la Convention. Puis son rôle a évolué et elle contribue activement à la mise en œuvre. Il faut en particulier souligner la contribution de l’IUPAC à l’examen des développements scientifiques et technologiques et sa collaboration avec le Conseil scientifique exécutif. Les domaines où la société civile est impliquée sont variés, avec par exemple des activités d’assistance technique (par exemple, par VERTIC ou le SIPRI), des activités de sensibilisation ou d’outreach, ou encore d’expertise technique (IUPAC)<sup>210</sup>. De plus, un certain nombre d’ONG et de chercheurs sont regroupés au sein de la CWC Coalition, organisme international qui a pour mission de soutenir les objectifs de la Convention.

Il faut noter le nombre croissant d’ONG participant aux Conférences d’examen. L’organisation d’une session plénière informelle intitulée « *The multiple use of chemicals: Innovation, science, and security* », introduite par le Directeur général Ahmet Üzümcü, a représenté une innovation lors de la dernière Conférence d’examen.

<sup>209</sup> Scientific Advisory Board, Report of the First Meeting of the Scientific Advisory Board Temporary Working Group on verification, SAB-20/WP.2, 27 mars 2013.

<sup>210</sup> Trapp R., « Civil Society, Chemical Industry and the Chemical Weapons Convention », *CBW Magazine*, Décembre 2012.

### 3.3.4 – Articles de la Convention sur lesquels les développements scientifiques et technologiques peuvent avoir une incidence

Comme pour la CIAB, la question de l'impact des développements scientifiques et technologiques sur la portée de la Convention a été posée. L'article II précise les définitions et critères. Le critère de destination générale est défini dans cet article, le texte précisant pour les produits chimiques toxiques « *quels qu'en soient l'origine ou le mode de fabrication* ». Les produits chimiques obtenus par des méthodes incluant des étapes de nature biochimique sont donc compris. Jusqu'à présent, l'examen de cet article a permis de conclure que ces développements étaient bien pris en compte.

Il est par ailleurs particulièrement important d'étudier les conséquences de ces avancées sur le régime de vérification prévu par l'article VI. Il faut en particulier considérer les nouveaux procédés de production qui pourraient permettre l'obtention de nouveaux agents chimiques ou la production de petites quantités de produits chimiques, inférieures aux seuils définis. En effet, le nombre des autres installations de fabrication de produits chimiques (AIFPC) de petite taille et dont la production peut facilement être réorientée est en augmentation. Autre exemple, l'emploi de nanoparticules peut modifier les propriétés physico-chimiques des composés chimiques, ce qui pourrait avoir une incidence directe sur la pertinence des seuils de déclaration définis. Un certain nombre de produits chimiques classés en Tableaux 1, 2 et 3 ou comme PCOD (Produit organiquement chimique défini) sont soumis à déclaration, avec des seuils massiques pour les produits des tableaux 2 et 3 et les PCOD, ainsi que des seuils de basse concentration pour les produits des tableaux 2 et 3.

Les progrès scientifiques et technologiques vont aussi avoir une incidence pour la mise en œuvre nationale, prévue par l'article VII. Ils vont par exemple pouvoir rendre plus complexe le contrôle national.

Leur apport doit également être considéré du point de vue de l'article X, sur l'assistance et la protection. Ils peuvent en effet contribuer à la mise au point de moyens de détection, d'identification, de protection ou de traitement. Enfin, il faut envisager comment la coopération internationale et les échanges portant sur ces avancées peuvent contribuer au développement durable ou à la santé publique, dans le cadre de la mise en œuvre de l'article XI sur le développement économique et technologique.

### 3.3.5 – Questions de convergence

Si le terme de convergence n'est pas retrouvé dans le document d'information rédigé par le Conseil scientifique consultatif en vue de la première Conférence d'examen, les conséquences des avancées dans des domaines relevant de la biologie sont cependant bien prises en compte. Le rapport final de la première Conférence d'examen souligne l'importance d'examiner les progrès scientifiques et technologiques, mais la question de la convergence n'est pas évoquée, implicitement ou explicitement.

Le rapport du Secrétariat technique sur l'examen du fonctionnement de la Convention en vue de la deuxième Conférence d'examen indique que le régime de vérification doit



être adapté afin de tenir compte des avancées scientifiques et technologiques, incluant la convergence entre chimie et biologie. Le rapport fourni par le Conseil scientifique consultatif dans l’optique de la deuxième Conférence d’examen mentionne clairement la question de la convergence entre chimie et biologie, répétant plusieurs fois le terme. En plus du paragraphe dédié à la question de la convergence entre chimie et biologie, plusieurs points examinés par les experts relevaient au moins en partie de la convergence technologique, comme par exemple les nanotechnologies, les dispositifs d’administration de médicaments et l’emploi de la biocatalyse pour la production industrielle. Le rapport final revient uniquement sur le rôle du Conseil scientifique consultatif sans faire mention des questions de convergence.

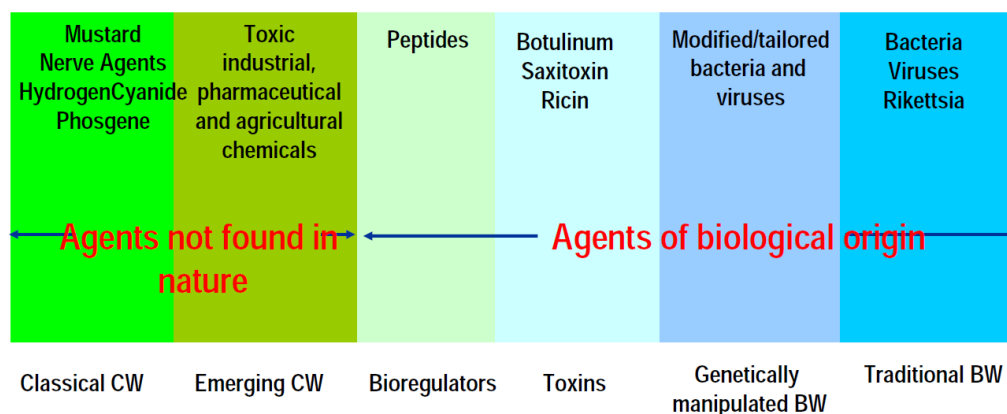
Concernant la troisième Conférence d’examen, le rapport du Secrétariat technique sur l’examen du fonctionnement de la Convention et le rapport du Conseil mettent tous les deux en avant et développent la question de la convergence. Dans le rapport final, la Conférence note la convergence croissante entre chimie et biologie et souligne l’intérêt représenté par le groupe de travail temporaire du Conseil scientifique consultatif sur la convergence.

#### 4 – Convergences et impacts pour la CIAB et la CIAC : observations et recommandations

##### 4.1 – *Convergence entre chimie et biologie*

Les Conventions sur l’interdiction des armes chimiques et biologiques incluent toutes deux un critère de destination générale, permettant de prendre en compte les futures avancées scientifiques et techniques. Ce ne sont donc pas les technologies mais les fins qui sont interdites. Etant donné les évolutions, il est cependant apparu indispensable de réaffirmer la portée respectivement des articles II et I de ces Conventions, en étudiant les conséquences potentielles de ces avancées.

Si elles ne convergent pas elles-mêmes, ces Conventions se recouvrent partiellement et prennent toutes deux en compte certaines catégories de composés chimiques, en particulier les toxines et les biorégulateurs.



Source : *Chemical Defence Establishment*, 1982 (présentation de R. Mathews, 2011).

Il y a une convergence croissante entre les sciences et technologies ayant une incidence pour ces deux Conventions<sup>211</sup>. Cette observation est particulièrement évidente en ce qui concerne les technologies de production, avec l'utilisation de processus biologiques ou à médiation biologique pour la fabrication de produits chimiques et la synthèse chimique de molécules ou systèmes biologiques. Concernant la synthèse chimique, le groupe de travail temporaire sur la convergence du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC a cependant conclu qu'elle ne représentait à l'heure actuelle par de menace pour la CIAC, son emploi restant limité.

Les capacités de modelage, conception assistée par ordinateur et ingénierie d'enzymes augmentent, permettant la création de nouveaux biocatalyseurs pouvant être utilisés dans le cadre de la biologie de synthèse. Il y a également un développement rapide des capacités de manipulation et de modification d'organismes, avec les technologies de l'ADN recombinant et de la biologie de synthèse. Il faut de plus souligner l'impact des technologies habilitantes, sur les phénomènes de convergence, avec par exemple les développements en matière de séquençage et synthèse de l'ADN ou les avancées concernant l'informatique et les outils computationnels. Il faut par ailleurs noter la convergence de la chimie et de la biologie avec les nanotechnologies.

#### 4.1.1 – Évaluation des avancées scientifiques et technologiques

Il est difficile de prédire la dynamique des développements scientifiques et technologiques dans des domaines marqués par l'incertitude, comme par exemple ceux des biotechnologies et des nanotechnologies, et donc d'anticiper la survenue de percées. Ce constat peut conduire à une analyse à partir d'un modèle sociotechnique, par comparaison avec le modèle du déterminisme technologique souvent utilisé en matière d'évaluation de l'évolution des menaces biologiques et chimiques. Dans ce modèle, plus complexe, il faut prendre en compte des interactions entre technologies et société, en intégrant des éléments de contexte politiques, sociaux, économiques et scientifiques. L'émergence d'une nouvelle technologie pouvant avoir un usage dual ne signifie en effet pas qu'elle va être obligatoirement exploitée, voire détournée<sup>212</sup>.

De plus, tous les domaines n'évoluent pas au même rythme. Les avancées concernant les microréacteurs sont par exemple plus lentes que ce qui aurait pu être imaginé au moment de la deuxième Conférence d'examen. La question est donc posée de savoir s'il faut traiter de la même manière tous les développements dans le cadre d'un processus d'examen ou s'il faut sélectionner des sujets devant être analysés de manière plus approfondie.

La prise en compte des convergences représente un véritable défi, puisqu'elle implique d'arriver à suivre les avancées dans des domaines qui n'étaient pas forcément suivis.

---

<sup>211</sup> Mathews R., « The convergence of chemistry and biology: Implications for the CWC », *OPCW Today*, 2012 (Août).

<sup>212</sup> Vogel K., « Necessary interventions – Expertise and experiments in bioweapons intelligence assessment », *Sciences, Technology & Innovation Studies*, 2013;9(2).

Elle requiert par ailleurs une approche multidisciplinaire, afin de pouvoir appréhender les questions propres à chaque domaine, avec des spécialistes encore impliqués dans la recherche et sensibilisés aux enjeux en matière de maîtrise des armements et de non-prolifération et donc sur les Conventions.

Il n'y a pas eu au cours de la dernière décennie d'avancée majeure qui aurait pu remettre en cause la portée des Conventions ou la nature des recherches. S'il ne semble pour l'heure pas y avoir encore de changement de paradigme, il faut néanmoins garder à l'esprit que des percées scientifiques pouvant avoir une incidence sur les Conventions pourraient survenir dans certains domaines. Dans cette perspective, le groupe de travail temporaire sur les convergences du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC a ainsi recommandé de suivre les avancées dans les domaines suivants : technologies de production, biologie systémique et de synthèse, nanotechnologies.

#### 4.1.2 – Un rapprochement entre les deux Conventions

La convergence entre chimie et sciences de la vie a une incidence évidente sur les deux Conventions, même s'il apparaît souvent moins évident de déterminer de quelle façon le processus de mise en œuvre devrait être adapté. Dans ce contexte, la nécessité d'opérer un rapprochement entre les deux régimes a été soulignée à de nombreuses reprises, dans les deux enceintes.

Une convergence scientifique et technologique n'implique cependant pas une convergence juridique ou politique entre les différents traités. Certaines classes d'agents chimiques, tels que les toxines et les biorégulateurs, peuvent en effet relever de ces deux régimes. Une coordination entre les deux régimes permettra notamment d'éviter que ces composés chimiques ne soient finalement pris en compte par aucun de ces instruments. Pour la Convention d'interdiction sur les armes chimiques, il faut de plus considérer les conséquences pour le régime de vérification.

Les mécanismes d'examen sont très différents entre les deux Conventions : d'un côté un Conseil scientifique consultatif pour la CIAC (avec 25 experts), et de l'autre un rapport rédigé par l'ISU avec des documents d'information transmis par les États parties et l'adoption d'un point permanent à l'ordre du jour de réunions au cours du processus intersessions. La proposition de créer un tel organe pour la CIAB a été faite à plusieurs reprises au cours des Conférences d'examen successives, sans succès. Pour autant, cette asymétrie de structure n'empêche pas les échanges, même si les moyens dévolus à l'ISU restent beaucoup plus limités et le champ de ses missions beaucoup plus large. La question du renforcement de l'Unité a d'ailleurs été posée à l'occasion de la dernière Conférence d'examen. Le principal changement a cependant été l'introduction de la question des développements scientifiques et technologiques comme point permanent à l'agenda des réunions au cours du processus intersessions, celles-ci donnant l'occasion d'échanges. Il faudra évaluer l'efficacité de ce nouveau mécanisme. Par ailleurs, comme autre exemple d'interactions, le groupe de travail temporaire du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC comprenait un membre de l'ISU de la CIAB. L'une des

conclusions de ce groupe a d'ailleurs été de prôner la mise en place d'une approche structurée permettant d'avoir des contacts entre les deux Conventions.

#### 4.1.3 – Le rôle de la société civile

Il apparaît important pour les États parties de pouvoir s'appuyer sur l'expertise de scientifiques travaillant au quotidien non seulement dans le domaine des sciences de la vie, mais également dans les domaines pouvant contribuer aux avancées scientifiques et technologiques intéressant la Convention, étant donné les phénomènes de convergences. Sensibilisés, ils peuvent en effet faire remonter des informations pertinentes au niveau national et être sollicités dans le cadre de la préparation des réunions du processus intersessions ou des Conférences d'examen. Il faut donc organiser cette collecte d'informations.

Au-delà, il est important de mettre l'accent sur l'importance des activités de sensibilisation et de formation à destination des scientifiques. Certains acteurs à l'origine de développements intéressant la Convention peuvent en effet ne pas avoir conscience des conséquences potentielles en termes de sécurité. Il peut par ailleurs s'avérer difficile de trouver un équilibre entre diffusion de l'information scientifique et impératifs de sécurité. Il faut arriver à impliquer en amont, à sensibiliser et responsabiliser les futurs scientifiques. L'objectif de cette démarche qui s'inscrit dans la durée est d'arriver à avoir une influence sur le long terme et donc sur les pratiques scientifiques de ces futurs professionnels, avec le développement d'une culture de sécurité. Pour ce faire, il faut trouver des moyens attractifs d'intéresser les étudiants des filières concernées.

La proposition française sur la responsabilisation des parties prenantes trouve toute sa pertinence dans cette optique<sup>213</sup>. Si elle ne porte pas directement sur la convergence entre sciences et technologiques, ce document propose néanmoins un cadre permettant de contribuer à réduire les risques qui y sont associés. Au-delà de la simple sensibilisation régulièrement évoquée, la responsabilisation des acteurs dans le strict respect de la souveraineté des États s'avère en effet indispensable. Outre la responsabilisation par l'adoption de législations nationales et la question de la traçabilité internationale, la France développe la problématique de la responsabilisation des communautés scientifiques des laboratoires (recherche, industrie,...) par la voie infra-législative. Celle-ci doit reposer sur la promotion des normes de management de la qualité et, conformément aux orientations contenues dans la déclaration finale de la Sixième Conférence d'examen, sur la mise en place de plans nationaux de sensibilisation. Ces plans de sensibilisation de la communauté scientifique pourraient inclure par exemple des critères permettant d'identifier les recherches à risque, la mise en place d'observatoire de veille scientifique, la réalisation de codes de conduite pour les scientifiques et les industriels, ainsi que l'information par le biais de conférences et d'ateliers, ou encore de sites internet dédiés. Enfin, il apparaît indispensable d'insérer des cours dans le cursus de formation des scientifiques et des ingénieurs. Afin d'organiser ces actions, les États parties sont invités

---

<sup>213</sup> Vers la responsabilisation des parties prenantes, soumis par la France, BWC/CONF.VII/WP.27, 6 décembre 2011.

à mettre en place une structure nationale, rassemblant entre autres des représentants des ministères et agences de la recherche, du monde académique et des grands organismes de recherche.

#### 4.1.4 – Intervention de la France sur ces questions et recommandations

La France est présente au niveau politique<sup>214</sup>. Dans ses déclarations aux dernières Conférences d'examen de la CIAB et de la CIAC, elle a fait mention de l'importance de prendre en compte les développements scientifiques et technologiques, sans toutefois parler de la question de la convergence. Elle a insisté sur la nécessité de revoir le processus d'examen de ces avancées. Par ailleurs, un expert français fait partie du Conseil scientifique consultatif de l'OIAC<sup>215</sup>.

Lors de la troisième session spéciale de la Conférence des États parties de l'OIAC, le représentant français est revenu sur la nécessité de prendre en compte les évolutions scientifiques et technologiques afin de pouvoir assurer la pérennité du régime de vérification, précisant que des mesures techniques pourraient permettre d'atteindre cet objectif sans pour autant alourdir le fardeau des États parties. Ces mesures pourraient par exemple viser à renforcer l'exactitude des déclarations, à améliorer le processus de sélection des sites à inspecter grâce au recours encadré à des sources publiques et à l'exploitation d'informations supplémentaires fournies volontairement par les États, ou à l'extension des prélèvements d'échantillons et d'analyses à tous les types d'inspection industrielle afin d'en renforcer le caractère dissuasif<sup>216</sup>.

La France n'a cependant jamais soumis de document d'information en vue des Conférences d'examen ou fait de proposition axée sur cette thématique (elle a fait par contre des propositions sur d'autres sujets connexes, comme la responsabilisation des parties prenantes et le mécanisme de revue par les pairs pour la CIAB)<sup>217</sup>.

*Lors des prochaines Conférences d'examen, la France pourrait contribuer à l'examen des développements scientifiques et techniques en soumettant sa propre évaluation des avancées scientifiques et technologiques et de leur impact sur les Conventions, en insistant sur les phénomènes de convergence.*

Une telle évaluation implique de disposer d'un mécanisme de veille pérenne au niveau national, reposant sur une approche multidisciplinaire étant donné les phénomènes de convergence. *Il ne semble pas opportun de créer une nouvelle structure dédiée, puisqu'il existe déjà des structures et comités possédant une expertise sur laquelle il est*

---

<sup>214</sup> Dans le cadre de la CIAB, la France a par ailleurs été très active dans le cadre du Groupe spécial d'experts gouvernementaux sur la vérification (VEREX) puis du processus *ad hoc*.

<sup>215</sup> Pr Tabet, puis Dr Baulig.

<sup>216</sup> Déclaration de M. Pierre Ménat, Ambassadeur, Représentant permanent de la France auprès de l'OIAC à l'occasion de la 3<sup>ème</sup> session spéciale de la Conférence des États Parties de l'OIAC pour l'examen de la mise en œuvre de la Convention pour l'interdiction des armes chimiques, 9 avril 2013.

<sup>217</sup> Un mécanisme de revue par les pairs pour la CIAB : améliorer la confiance dans la mise en œuvre nationale et la coopération nationale, BWC/CONF.VII/WP.28, 13 décembre 2011.

*possible de s'appuyer (par exemple, Observatoire des micro et nanotechnologies, Haut Conseil des Biotechnologies, futur Comité scientifique de surveillance pour la biosécurité, certains laboratoires universitaires ou sociétés scientifiques, etc.). Après une sensibilisation des interlocuteurs aux questions de sécurité, prolifération et de maîtrise des armements, il s'agit plutôt d'organiser un mécanisme permettant une remontée de l'information, éventuellement de manière spontanée, et une collection de ces informations et évaluations. Un groupe de travail ad hoc multidisciplinaire, comprenant des représentants des différents ministères concernés et des scientifiques encore impliqués dans des activités de recherche, serait responsable de la synthèse de ces informations et de la rédaction d'un rapport.*

*Une réflexion sur la manière de faire du benchmarking sur les méthodes d'évaluation des risques scientifiques et technologiques et les critères d'évaluation pourrait être envisagée.*

*L'organisation d'un séminaire annuel (sur le modèle de celui organisé par la Fondation pour la Recherche Stratégique pour le compte de la Délégation aux Affaires stratégiques en février 2013, mais en l'ouvrant plus largement) pourrait contribuer à rassembler et sensibiliser des acteurs de domaines très différents, dont certains n'étaient jusqu'à présent que peu concernés par ces questions de sécurité et prolifération. Ce séminaire pourrait contribuer à l'exercice d'évaluation<sup>218</sup>.*

La responsabilisation des parties prenantes représente un axe d'efforts important, comme le souligne la proposition de la France lors de la dernière Conférence d'examen de la CIAC. L'Académie des Sciences avait d'ailleurs publié en 2008 un ouvrage sur la biosécurité et la responsabilité des scientifiques à destination des pouvoirs publics sur cette question. La recommandation sur la création d'un comité scientifique de surveillance de la biosécurité est en passe d'être concrétisée<sup>219</sup>.

*Suivant la proposition de mécanisme de revue par les pairs pour la CIAB, le ministère des Affaires étrangères a organisé, avec le soutien de la Fondation pour la Recherche Stratégique, un exercice pilote en décembre 2013. Si cet exercice est renouvelé, la mise en œuvre des mesures visant à la responsabilisation des parties prenantes pourrait faire l'objet d'une présentation.*

*Afin de favoriser l'information des scientifiques et autres parties prenantes, une page internet dédiée aux questions de sécurité associées aux développements scientifiques et technologiques, en insistant sur les questions de convergence, pourrait être mise en place (par exemple, sur le site du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche). Afin d'aider les démarches de sensibilisation, de formation, ou de mise en place de plan de gestion des risques, des supports pédagogiques pourraient être mis à disposition afin d'aider les enseignants ou les personnels (par exemple, diaporamas et*

---

<sup>218</sup> Voir compte rendu en annexe.

<sup>219</sup> Korn H., Berche P., Binder P., « Les menaces biologiques, Biosécurité et responsabilité des scientifiques », (Académies des Sciences), Paris : Presses Universitaires de France. 2008.



*fiches synthétiques de présentation des objectifs des Conventions, de la législation nationale, organismes à contacter le cas échéant, etc.).*

*Afin de tenir les communautés scientifiques et académiques informées sur ces questions, une newsletter annuelle ou bisannuelle pourrait être envoyée par le biais des associations professionnelles et des sociétés scientifiques pertinentes, après une démarche de sensibilisation auprès des interlocuteurs dans ces structures (évolutions législatives, initiatives en matière de formation, focus sur un exemple, etc.).*

Enfin, si la France a toujours été particulièrement impliquée dans les activités de coopération scientifique et de recherche, l'émergence du concept de diplomatie scientifique, reposant sur la reconnaissance de l'importance de la science dans l'action diplomatique, a incité à engager une réflexion approfondie afin de développer une véritable stratégie<sup>220</sup>. Il peut être défini comme « *l'utilisation et l'application de la coopération scientifique pour aider à établir des liens et renforcer les relations entre les sociétés, notamment dans les domaines où il pourrait ne pas y avoir d'autres moyens d'approche au niveau officiel* »<sup>221</sup>.

*Il pourrait être intéressant d'engager une réflexion plus approfondie sur la manière d'articuler la mise en œuvre des articles X et XI, respectivement de la CIAB et de la CIAC, avec cette stratégie.*

---

<sup>220</sup> Direction générale de la mondialisation, du développement et des partenariats (Ministère des Affaires étrangères). *Une diplomatie scientifique pour la France*. 2013.  
[http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Rapport\\_Complet\\_DiplomatieScientifique\\_2013\\_cle8a68fb.pdf](http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Rapport_Complet_DiplomatieScientifique_2013_cle8a68fb.pdf)

<sup>221</sup> Définition proposée par Vaughan Turekian, AAAS, en 2009 et reprise dans le rapport précédemment cité.



## Maîtrise des armements conventionnels et convergences technologiques

---

*Le choix a été fait de développer plus particulièrement le cas des systèmes d'armes autonomes, cette problématique étant au cœur des débats actuels et représentant un véritable enjeu du point de vue de la maîtrise des armements.*

### 1 – Convergence technologique et principaux traités et accords de maîtrise des armements conventionnels

La maîtrise des armements conventionnels en Europe repose sur trois instruments : le traité sur les Forces conventionnelles en Europe (FCE), le traité Ciel ouvert (CO) et le Document de Vienne (DV). De natures et de couvertures géographiques différentes, ces outils sont complémentaires et facilitent la connaissance mutuelle des capacités et dispositifs militaires à l'échelle européenne au travers de mesures de vérification, incluant des inspections sur site, et d'échanges d'information.

L'avenir du traité FCE semble cependant limité à l'heure actuelle, ce qui pose la question de la possibilité éventuelle de négocier un nouvel accord et celle de l'impact de la fin annoncée de ce traité sur les deux autres accords de maîtrise des armements conventionnels. En effet, le directeur du département du contrôle de la mise en œuvre des traités internationaux du ministère de la Défense russe, Sergey Rizhkov, a réaffirmé en avril 2013 que ce traité n'avait pas d'avenir, qu'il « *n'avait plus de sens* »<sup>222</sup>. **La question doit donc être posée dans un contexte plus large, intégrant la nécessaire réflexion sur l'avenir de la maîtrise des armements conventionnels. Il faut considérer plusieurs dimensions dans l'analyse, notamment la question des besoins opérationnels identifiés par les États en ce qui concerne les forces de réaction rapide et celle du lien avec les armes nucléaires – et donc le désarmement nucléaire –,** puisque ces armes peuvent être perçues comme apportant des garanties en termes de sécurité quand le différentiel entre les capacités militaires conventionnelles des pays est trop important.

La convergence technologique, en particulier les nanotechnologies, va permettre des évolutions significatives des armements et équipements. Les nanomatériaux vont ainsi pouvoir servir de catalyseurs dans la fabrication de matériaux énergétiques retrouvés dans la composition d'explosifs ou de propulseurs solides pour missile<sup>223</sup>. Il va donc y avoir un impact sur les munitions. Par ailleurs, il faut envisager l'impact des nanotechnologies et des microsystèmes en termes de miniaturisation des composants (taille et

---

<sup>222</sup> Russian military says CFE Treaty has no future, *RIA Novosti*, 02 avril 2013.

<sup>223</sup> Les nanomatériaux énergétiques : vers un bond technologique. *Clefs CEA*. 2005 ; 52.

masse), de renforcement des blindages, d'amélioration des tenues de protection des combattants, de développements de nanocapteurs, ou encore d'amélioration des capacités de stockage des batteries, mais aussi sur les systèmes de communication et de modélisation<sup>224</sup>, <sup>225</sup>.

**Il faut donc envisager les conséquences des développements scientifiques et technologiques, incluant ceux relevant de la convergence technologique, en termes militaires et en termes de maîtrise des armements, tant en ce qui concerne les objectifs des traités et accords en ce qui concerne la sécurité que pour les mécanismes de vérification associés.** En effet, ces traités et accords ont été d'une part négociés dans un contexte géostratégique qui diffère de celui qui prévaut actuellement, et d'autre part ils ont été dimensionnés en tenant compte des capacités techniques qui étaient celles de l'époque. Il faut ainsi pouvoir évaluer si l'amélioration qualitative des capacités militaires peut les affaiblir.

Bien qu'elle ait initié un important plan de modernisation à la fin des années 2000 afin de réduire le décalage, la Russie reste à l'heure actuelle en situation d'infériorité dans le domaine des armements conventionnels, en particulier vis-à-vis des États-Unis, étant donné qu'elle n'a pas investi de façon substantielle dans de nouveaux systèmes ou dans la modernisation de ceux dont elle dispose<sup>226</sup>. En ce qui concerne la réactualisation du DV, des officiels russes parlent par exemple de la nécessité de s'intéresser à la question des « *nouveaux systèmes d'armes* ».

En effet, les conditions technologiques de la guerre ayant évolué, il faut par exemple envisager si les catégories d'armes définies dans les traités restent adaptées ou si les caractéristiques (par exemple, les calibres) définissant ces catégories le restent, en fonction du contexte géostratégique. Dans le cadre du FCE, il y a par exemple cinq catégories d'armements et équipements conventionnels limités par le traité : chars de bataille, véhicules blindés de combat, artillerie, avions de combat et hélicoptères d'attaque. La prise en compte de ces catégories reste pertinente dans un contexte sous régional mais ces dernières ne sont plus aussi critiques en termes de capacités de projection.

Il faut désormais considérer d'autres types d'armement, comme par exemple les drones<sup>227</sup>, en évaluant s'ils peuvent ou non être déjà pris en compte dans le cadre des traités existants (est-ce que les drones pourraient être considérés comme des avions de combat d'après la définition du FCE et l'interprétation qui en est faite ?), les missiles balistiques à charge conventionnelle, les missiles de croisière **ou encore les systèmes d'armes autonomes.**

---

<sup>224</sup> Ibrugger L (rapporteur). Les implications des nanotechnologies pour la sécurité (179 STCMT 05F). 2005. <http://www.nato-pa.int/default.asp?CAT2=651&CAT1=16&CAT0=2&COM=677&MOD=0&SMD=0&SSMD=0&STA&ID=0&PAR=0&LNG=1>

<sup>225</sup> Advanced materials & nanotechnology, Enabling innovation and driving technology transition, Lockheed Martin – <http://www.lockheedmartin.com/us/what-we-do/emerging/nanotechnology.html>

<sup>226</sup> Brzoska M., Finger A., Meier O., Neuneck G., Zellner W., *Prospects for arms control in Europe*, 2011.

<sup>227</sup> Pertermann T., Grünwald R., « Statu quo and perspectives of the military use of unmanned systems », *TAB Report*, 2011, n° 44.

## 2 – Systèmes d'armes autonomes

D'après la définition précisée dans la Directive du *Department of Defense* américain (2012), les systèmes d'armes autonomes peuvent être définis comme des systèmes qui « une fois activés, peuvent sélectionner et engager les cibles sans intervention d'un opérateur extérieur »<sup>228</sup>. Les conséquences d'une action peuvent être létales et les cibles humaines. Ces systèmes d'armes sont parfois également appelés « robots létaux autonomes » (RLA) ou « robots tueurs ».

### 2.1 – *État de l'art*

Il est possible de distinguer plusieurs catégories principales de systèmes d'arme ou robots, en fonction du degré d'intervention humaine :

- ⇒ Ceux qui nécessitent des interactions en temps réel avec un ou plusieurs opérateurs, même s'ils peuvent effectuer certaines actions de manière indépendante, et pour lesquels il faut donc prendre en compte le facteur humain (« *Human-in-the-loop* »). Les drones appartiennent à cette catégorie, par exemple ;
- ⇒ Ceux qui peuvent agir indépendamment de toute commande d'un opérateur, mais qui restent sous la supervision d'un ou plusieurs êtres humains qui reçoivent des informations en continu. Ceux-ci peuvent en cas de besoin immédiatement reprendre le contrôle et interviennent de temps en temps au niveau de la programmation (« *Human-on-the-loop* »). Cette approche nécessite de développer une conscience situationnelle différente de celle requise dans le cas précédent, mobilisant d'autres types de capacités cognitives<sup>229</sup> ;
- ⇒ Ceux qui peuvent œuvrer indépendamment de tout contrôle humain (« *Human-out-of-the-loop* »), en différenciant toutefois automatisation et autonomisation.

L'automatisation n'implique pas que les activités humaines soient désormais effectuées par le système, mais que celles-ci évoluent. De plus, elle ne repose pas sur une approche binaire (tâche automatisée / non automatisée) et il faut au moment de la conception du système décider du niveau d'automatisation.

Ces différentes étapes ont pu être présentées sous forme de taxonomie explicitant les interactions entre êtres humains et systèmes en fonction du niveau d'automatisation de la prise de décisions et des actions. Cette échelle ne s'applique cependant pas en amont, alors qu'il peut aussi être possible d'envisager que l'automatisation s'applique aux fonctions précédant la prise de décision et l'action. De plus, elle ne prend pas en compte la possibilité que l'opérateur ou le superviseur puisse recevoir des informations d'une autre source que l'ordinateur.

---

<sup>228</sup> Department of Defense. Directive 3000.09, *Autonomy in weapons systems*. 21 novembre 2012.

<sup>229</sup> Hew P., Lewis E., Radunz P., Rendell S., *Situation Awareness for Supervisory Control: Two Fratricide Cases Revisited*, 15<sup>th</sup> International Command and Control Research and Technology Symposium, Santa Monica, 2010.

## Niveau d'automatisation de la sélection des décisions et actions<sup>230</sup> :

NIVEAU	DESCRIPTION
10	L'ordinateur décide de tout, agit de façon autonome et ignore l'être humain.
9	Il informe l'être humain uniquement s'il (l'ordinateur) le décide,
8	Il informe l'être humain seulement si cela lui est demandé, ou
7	Il exécute automatiquement et ensuite informe obligatoirement l'être humain,
6	Il laisse un temps limité à l'être humain pour stopper l'exécution avant toute exécution automatique,
5	Il exécute cette suggestion si l'être humain la valide, ou
4	Il suggère une alternative,
3	Il réduit la sélection à quelques alternatives, ou
2	L'ordinateur propose un ensemble complet d'alternatives pour les décisions et actions,
1	L'ordinateur n'apporte aucune assistance et l'être humain est responsable de toutes les décisions et actions,

Les systèmes d'armes autonomes peuvent être considérés comme représentant l'étape ultime.

Les développements sont rapides, liés en particulier aux avancées dans le domaine de l'intelligence artificielle. Cependant, l'absence de transparence et la confidentialité entourant les programmes militaires de R&D portant sur les systèmes d'arme létaux autonomes, il est assez difficile d'évaluer le niveau d'avancement. Aucun système entièrement autonome de ce type n'a pour le moment encore été déployé sur le terrain. En revanche, il existe déjà des systèmes dotés de fonctions caractérisées par un certain niveau d'autonomie et pouvant présenter un caractère légal. Un certain nombre de pays comme les États-Unis, la Corée du Sud, Israël, le Japon et le Royaume-Uni ont en effet développé de tels systèmes et, pour certains, les utilisent en conditions opérationnelles. La Chine et la Russie auraient également des programmes de développement.

<sup>230</sup> Parasuraman R., Sheridan T., Wickens C., « A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation », *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics-Part A: Systems And Humans*. 2000;30(3):286-297.

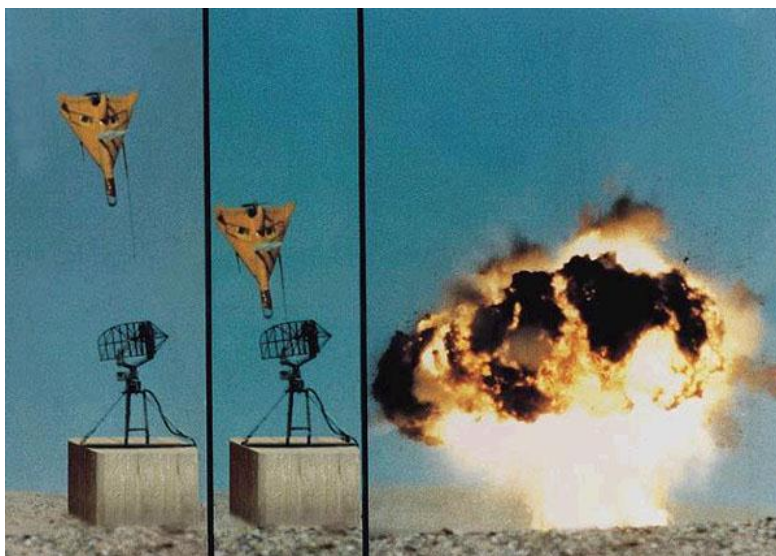


Parmi les systèmes qui peuvent faire figure de précurseurs de systèmes entièrement autonomes figurent notamment :

- ⇒ Le Phalanx CIWS de Raytheon, installé sur les navires de la Marine américaine, est un système antimissile capable, en fonction de paramètres tels que la vitesse et l'altitude, de détecter, suivre et automatiquement engager le combat en cas de menaces aériennes, incluant des missiles et des aéronefs. Il est contrôlé par ordinateur et guidé par radar<sup>231</sup>.
- ⇒ Le C-RAM ou *U.S. Counter Rocket, Artillery and Mortar system*, dont le développement repose sur l'intégration de technologies existantes, permet une alerte précoce en cas de tir indirect et peut intercepter automatiquement les roquettes et obus de mortier.
- ⇒ Le drone X-47B, développé par Northrop Grumman, a effectué des tests en mer permettant de montrer qu'il pouvait manœuvrer à proximité d'un autre aéronef et qu'il pouvait être catapulté à partir d'un porte-avions et atterrir<sup>232</sup>. Il vole de manière autonome, en fonction de plans de vol préprogrammés, même si ses manœuvres restent suivies par des opérateurs disposant d'un poste portable de commande et de contrôle. Les interventions humaines se limiteront à l'envoi et la réception d'information, le système assurant le pilotage. Il pourra par ailleurs être ravitaillé en vol. Capable d'emporter des bombes, il sera pourtant principalement destiné à des missions d'observation.



Système Phalanx (©Raytheon).



Système Harpy (©Israel Aerospace Industries).

<sup>231</sup> <http://www.raytheon.com/capabilities/products/phalanx/>

<sup>232</sup> Chachaty H., « Le X-47B a repris ses essais en mer », *Le Journal de l'Aviation*, 13 novembre 2013.



Drone furtif Taranis ( ©BAE System).



Drone furtif Taranis ( ©BAE System).

- ⇒ Les robots sentinelles SGR-A1, développés par un consortium dirigé par Samsung Techwin Co., sont déployés dans la zone démilitarisée entre les deux Corées<sup>233</sup>. Toute personne pénétrant dans cette zone est automatiquement considérée comme ennemie. Ils sont dotés de capteurs de température et de mouvement permettant la détection et le suivi de cibles. En cas de non-reconnaissance, ils peuvent émettre une alarme sonore ou ouvrir le feu, après autorisation. Ces robots, qui peuvent faire la distinction entre un être humain et un animal ou un objet, restent donc sous contrôle humain, mais disposent d'un mode automatique<sup>234</sup>.
- ⇒ Le système Harpy (de type « *Fire and forget* »), développé par Israël Aerospace Industries, est configuré pour détecter, attaquer et détruire les radars. Ces systèmes sont lancés depuis un véhicule terrestre ou un lanceur sur un navire<sup>235</sup>. Le Hadop a été développé à partir de ce système.
- ⇒ Le système Taranis a été conçu afin de pouvoir réaliser des missions intercontinentales, avec l'objectif d'identifier des cibles, de les attaquer et de pouvoir automatiquement éviter des missiles. Le système sera commandé par un ordinateur de bord et ne requerra l'autorisation de l'opérateur que pour attaquer la cible<sup>236</sup>. Il devait être testé en Australie au cours de l'année 2013.

## 2.2 – Intérêts et risques

L'introduction sur le champ de bataille des systèmes d'armes autonomes risque de modifier significativement la conduite de la guerre, sans qu'il soit encore possible d'évaluer complètement la portée de cette évolution, si elle survient. Il faut par exemple se demander si le recours à des machines autonomes à la place des combattants, ce qui conduirait à limiter les pertes humaines parmi ceux-ci, ne serait pas susceptible de faciliter le déclenchement des conflits, en modifiant les enjeux et les équilibres de force.

<sup>233</sup> « Army tests machine-gun sentry robots in the DMZ », *Yonhap News Agency*, 13 juillet 2010.

<sup>234</sup> « South Korea deploys robots capable of killing intruders along border with North », *The Telegraph*, 13 juillet 2010.

<sup>235</sup> <http://www.iai.co.il/>

<sup>236</sup> Gray R., « British stealth drone to undergo first test flight », *The Telegraph*, 13 janvier 2013.

Par ailleurs, la performance de ces systèmes ne serait pas affectée par des sentiments tels que la peur ou la colère. Mais ces systèmes ne pourraient aussi vraisemblablement pas non plus adapter leur réponse par compassion ou par reconnaissance d'un changement des circonstances, comme pourrait le faire un homme. Ainsi, il convient de poser la question de la reddition et donc de l'identification par le système d'arme de la manifestation de la volonté des combattants de déposer les armes, par exemple en agitant un drapeau blanc.

### **2.3 – Jus ad bello et droit des conflits armés**

Il n'existe pour le moment pas d'instrument multilatéral dédié ou de règles spécifiques qui permettent d'encadrer le développement et l'usage des systèmes d'armes autonomes. La possibilité que d'autres règles, non spécifiques, puissent s'appliquer doit toutefois être considérée. L'introduction de telles armes sur le champ de bataille pourrait en effet profondément modifier l'art de la guerre. Il faut donc étudier leur impact potentiel au regard du droit des conflits armés, et en premier lieu si et, le cas échéant, comment il est possible de garantir son respect.

Aussi appelé droit international humanitaire (DIH) ou droit de la guerre, ce droit consacre des principes humanitaires fondamentaux et désigne l'ensemble des normes juridiques qui régissent l'usage de la force et le comportement des personnes dans le contexte d'un conflit armé. Celles-ci s'appliquent à tous les belligérants et doivent être respectées par ceux-ci, indépendamment de toute responsabilité dans le déclenchement des hostilités. Le socle de ce droit repose en particulier, mais pas exclusivement, sur les Conventions de Genève et leurs Protocoles additionnels, ainsi que sur les Conventions de La Haye et les textes relatifs à l'usage de certaines armes.

#### **2.3.1 – Déclaration de Saint-Pétersbourg, 1868**

La déclaration de Saint-Pétersbourg vise à interdire à l'emploi de certaines armes à la guerre<sup>237</sup>. Confirmant une norme coutumière, elle pose ainsi l'interdiction des violences inutiles ou disproportionnées au regard de l'objectif poursuivi, ce qui sera retrouvé sous l'appellation de maux superflus<sup>238</sup>.

Cette déclaration a avant tout introduit des principes généraux sur lesquels est fondée l'approche du droit des conflits armés en ce qui concerne la prise en compte des développements scientifiques en matière d'armement. Elle précise en effet que :

*« Les parties contractantes ou accédantes, se réservent de s'entendre ultérieurement, toutes les fois qu'une proposition précise serait formulée en vue des perfectionnements à venir que la science pourrait apporter dans l'armement des*

---

<sup>237</sup> Il s'agit de l'emploi, par les troupes de terre ou de mer des parties contractantes, de tout projectile d'un poids inférieur à 400 grammes qui serait ou explosible ou chargé de matières fulminantes ou inflammables.

<sup>238</sup> Meyrowitz H., « Le principe des maux superflus: De la Déclaration de Saint-Pétersbourg de 1868 au Protocole additionnel I de 1977 », *Revue internationale de la Croix-Rouge*, 1994;76(numéro spécial 806):107-130.

*troupes, afin de maintenir les principes qu'elles ont posés et de concilier les nécessités de la guerre avec les lois de l'humanité ».*

### 2.3.2 – Protocole additionnel I, 1977

Deux articles de la section consacrée aux méthodes et moyens de guerre du Protocole additionnel aux Conventions de Genève du 12 août 1949 relatif à la protection des victimes des conflits armés internationaux (Protocole I) doivent être pris en compte dans l'analyse sur les systèmes d'armes autonomes<sup>239</sup> :

#### **Article 35 -- Règles fondamentales**

*« 1. Dans tout conflit armé, le droit des Parties au conflit de choisir des méthodes ou moyens de guerre n'est pas illimité.*

*2. Il est interdit d'employer des armes, des projectiles et des matières ainsi que des méthodes de guerre de nature à causer des maux superflus.*

*3. Il est interdit d'utiliser des méthodes ou moyens de guerre qui sont conçus pour causer, ou dont on peut attendre qu'ils causeront, des dommages étendus, durables et graves à l'environnement naturel ».*

#### **Article 36 -- Armes nouvelles**

*« Dans l'étude, la mise au point, l'acquisition ou l'adoption d'une nouvelle arme, de nouveaux moyens ou d'une nouvelle méthode de guerre, une Haute Partie contractante a l'obligation de déterminer si l'emploi en serait interdit, dans certaines circonstances ou en toutes circonstances, par les dispositions du présent Protocole ou par toute autre règle du droit international applicable à cette Haute Partie contractante ».*

L'emploi d'armes de quelque nature qu'elles soient au cours d'un conflit armé doit respecter deux principes fondamentaux régissant la protection de la population civile contre les effets des hostilités : discrimination et proportionnalité.

Le principe de discrimination, imposant de distinguer entre la population civile et les combattants, ainsi qu'entre biens de caractère civil et objectifs militaires, est une règle fondamentale. Elle est codifiée dans l'article 48 du Protocole I, les articles 50, 51 et 52 précisant respectivement la définition de ce que l'on entend par personnes civiles et population civile, ce que recouvre la protection de la population civile (définissant notamment quels types d'attaque sont considérés comme interdits et comme sans discrimination), et la protection générale des biens à caractère civil. Le contexte et l'environnement dans lequel un système d'arme autonome pourrait être utilisé représentent donc des données particulièrement importantes, puisqu'elles vont contribuer à déterminer le niveau de capacité de discrimination pouvant être jugé comme acceptable : une situation de contre-insurrection impliquant une intrication des combattants avec la population civile ne peut être comparée, en termes de paramétrage et de performance attendue du système, à une situation où des combattants évoluent dans une zone hostile où il est confirmé qu'il n'y a pas présence de non-combattants.

---

<sup>239</sup> Adopté le 8 juin 1977 par la Conférence diplomatique sur la réaffirmation et le développement du droit international humanitaire applicable dans les conflits armés, entré en vigueur en 1978.

Le principe de proportionnalité est codifié par la règle coutumière inscrite dans l'article 51 sur la protection des populations civiles et dans l'article 57 qui porte sur les précautions dans l'attaque. Ce dernier article stipule en particulier que ceux qui préparent et décident une attaque doivent :

*« i) faire tout ce qui est pratiquement possible pour vérifier que les objectifs à attaquer ne sont ni des personnes civiles, ni des biens de caractère civil, et ne bénéficient pas d'une protection spéciale, mais qu'ils sont des objectifs militaires au sens du paragraphe 2 de l'article 52, et que les dispositions du présent Protocole n'en interdisent pas l'attaque ;*

*ii) prendre toutes les précautions pratiquement possibles quant au choix des moyens et méthodes d'attaque en vue d'éviter et, en tout cas, de réduire au minimum les pertes en vies humaines dans la population civile, les blessures aux personnes civiles et les dommages aux biens de caractère civil qui pourraient être causés incidemment ;*

*iii) s'abstenir de lancer une attaque dont on peut attendre qu'elle cause incidemment des pertes en vies humaines dans la population civile, des blessures aux personnes civiles, des dommages aux biens de caractère civil, ou une combinaison de ces pertes et dommages, qui seraient excessifs par rapport à l'avantage militaire concret et direct attendu ».*

Par l'application de l'article 36, il s'agit de prévenir l'emploi de nouvelles armes s'il doit constituer une violation du droit international, ou éventuellement de le restreindre en fonction des conditions d'utilisation. Le texte ne précise cependant pas comment doit s'effectuer le processus d'examen relatif à la licéité de ces armes, moyens ou méthodes de guerre<sup>240</sup>. Il faut par ailleurs noter que si les États-Unis, particulièrement concernés par cette question, n'ont pas signé ce Protocole, ils ont néanmoins mis en place un mécanisme.

À ce stade, il semble difficile de s'opposer à une évolution vers des systèmes d'arme ayant plus d'autonomie. Il s'avère dès lors important de poser la question du respect des principes relevant du droit des conflits armés suffisamment en amont au cours du processus de développement, sans forcément attendre de savoir quelles solutions technologiques vont être adoptées, puisqu'il va y avoir une incidence directe sur la conception même des systèmes d'armes. Les programmeurs devront en effet par exemple pouvoir développer des algorithmes permettant de respecter les principes de discrimination et de proportionnalité.

L'identification de la responsabilité en cas de violation des règles du droit des conflits armés est une problématique à part entière. Différentes réponses peuvent être imaginées : les concepteurs / programmeurs, par exemple s'il s'avère que l'incident résulte d'un mauvais paramétrage, le fabricant, la personne ayant pris la décision de faire usage du système d'arme autonome impliqué, voire, en allant au bout de la logique, le système lui-même.

---

<sup>240</sup> CICR, « Guide d'examen de la licéité des nouvelles armes et des nouveaux moyens et méthodes de guerre », 2006.



## 2.4 – **Comment encadrer le développement et l’usage des systèmes d’armes autonomes ?**

Certains questionnements éthiques et juridiques sont similaires à ceux relatifs aux drones et à leur emploi, mais ceux-ci requièrent l’intervention d’un opérateur. La manière dont les développements technologiques concourant à la conception de ces armes et leurs usages potentiels doivent être encadrés fait l’objet de controverses. Les aspects éthiques et juridiques liés à l’emploi de telles armes méritent d’être discutés, en nuanciant la réflexion en fonction des différents usages identifiés et en intégrant la spécificité des contextes d’emploi. Les questions juridiques par rapport au droit international humanitaire ne sont en effet pas tant liées à la nature de ces armes qu’au fait de substituer des machines à l’être humain pour accomplir des actes de guerre, incluant le fait de tuer<sup>241</sup>. Au regard des perspectives offertes par le développement de ces systèmes, il paraît en effet difficile de s’affranchir d’une réflexion approfondie sur les conséquences potentielles et sur leur impact en termes de maîtrise des armements.

Plusieurs options peuvent ainsi être envisagées, de l’absence de mesures d’encadrement à l’interdiction complète de ces armes. Plus d’une trentaine de gouvernements ont fait des déclarations publiques concernant la question des systèmes d’arme autonomes et les enjeux afférents depuis la publication en avril du rapport du rapporteur spécial, présenté le 30 mai au Conseil des Droits de l’Homme des Nations Unies<sup>242</sup>. Durant les discussions qui ont suivi la présentation du rapport, le représentant de la France a ainsi précisé la position française :

*« [...] la France tient à préciser qu’elle ne possède pas et ne prévoit pas de se doter de systèmes d’arme robotisés à capacité d’ouverture du feu autonome. Notre concept d’emploi insiste en effet sur la pleine responsabilité des dirigeants politiques et des chefs militaires dans la décision de recours à la force armée. La France estime que le rôle de l’être humain dans la décision d’ouvrir le feu doit être préservée »<sup>243</sup>.*

La France a soutenu la position de l’Union européenne qui précise notamment que l’emploi de ces armes est effectivement régit par le droit international humanitaire, comme le souligne le Rapporteur spécial dans son rapport, et que cette problématique devrait donc être débattue dans d’autres enceintes que celle du Conseil, en particulier dans celles des Nations Unies pertinentes en matière de maîtrise des armements. Par le biais de son représentant, la France a suggéré que la Convention sur l’interdiction de certaines armes classiques représentait le forum approprié pour étudier cette question,

---

<sup>241</sup> Grut C., « The challenge of autonomous lethal robotics to international humanitarian law », *J Conflict Security Law*, 2013;18(1):5-23.

<sup>242</sup> Heyns C., *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions (A/HRC/23/47)*, 33<sup>ème</sup> session du Conseil de droits de l’homme des Nations Unies, 9 avril 2013.

<sup>243</sup> Intervention de Mme Katerina Doytchinov, Mission Permanente de la France auprès de l’Office des Nations Unies à Genève, 23<sup>ème</sup> session du Conseil des Droits de l’Homme des Nations Unies, 30 mai 2013. <http://webtv.un.org/search/clustered-id-on-executions-and-idps-contd-10th-meeting-23rd-regular-session-of-human-rights-council/2419860366001?term=10th%20meeting>



permettant de rassembler les compétences légales, techniques et militaires nécessaires. Cette position a également été exprimée par le représentant du Brésil.

L'importance de clarifier les termes du débat concernant la question des robots létaux pleinement autonomes, portant sur des technologies qui ne sont pas encore pleinement abouties et qui sont duales, a été rappelée dans l'intervention du Représentant permanent de la France auprès de la Conférence du Désarmement à Genève, lors de la 68<sup>ème</sup> session de l'Assemblée générale des Nations Unies (Première Commission)<sup>244</sup>.

La France fait ainsi partie des pays qui se sont montrés particulièrement actifs en 2013, avec plusieurs interventions publiques, soutenant la position de l'Union européenne, ainsi qu'avec l'organisation d'un séminaire dédié en septembre<sup>245</sup>.

Par ailleurs, comme pour les mines antipersonnel ou les armes à sous-munitions, la société civile est présente dans ce débat et a un rôle à jouer, comme le montrent des initiatives telles que la coalition internationale *Campaign to Stop Killer Robots*, qui rassemble 47 ONG dans 22 pays<sup>246</sup>, et l'appel en faveur d'une interdiction totale lancé par 272 scientifiques, roboticiens, juristes et spécialistes d'éthique ou de robotique de 37 pays, à l'initiative de l'*International Committee for Robots Arms Control (ICRAC)*<sup>247-248</sup>.

#### 2.4.1 – Mettre en place un moratoire

Étant donné les questions soulevées par le développement de ces systèmes d'armes, l'adoption d'un moratoire pourrait représenter une étape transitoire. Le moratoire d'Asilomar, qui constitue l'un des événements fondateurs de la bioéthique, est un exemple intéressant de ce type d'initiative, même si dans ce cas il ne s'agissait pas de remettre en cause la légitimité de ces travaux mais de réfléchir aux conséquences potentielles liées aux travaux sur la recombinaison de l'ADN. Au milieu des années 1970, à l'initiative de Paul Berg, les scientifiques ont en effet eux-mêmes décrété un moratoire. Les règles ont par la suite été assouplies, après la définition de règles de confinement et l'instauration d'institutions ayant pour mission l'application de ces règles. Il faut souligner que cette décision a eu lieu à une période décisive pour la biologie. La question est de savoir si les conditions sont réunies pour qu'une initiative similaire appliquée au domaine des systèmes d'armes autonomes puisse être initiée.

---

<sup>244</sup> Intervention de M. Jean-Hughes Simon-Michel, Représentant permanent de la France auprès de la Conférence du Désarmement, « Débat général », Première Commission, 68<sup>ème</sup> session de l'Assemblée générale des Nations Unies, 8 octobre 2013.

<sup>245</sup> Voir partie sur la Convention sur l'interdiction ou la limitation de certaines armes classiques.

<sup>246</sup> Au 1<sup>er</sup> décembre 2013. Le comité directeur regroupe 5 ONG internationales – Human Rights Watch, International Committee for Robots Arms Control (ICRAC), Nobel Women's Initiative, Pugwash Conferences on Science & World Affairs, Women's International League for Peace and Freedom – et 4 ONG nationales – Article 36 (Royaume-Uni), Association for Aid and relief Japan, Mines Action Canada, IKV Pax Christi (Pays-Bas). <http://www.stopkillerrobots.org/>

<sup>247</sup> Scientists' Call – <http://icrac.net/call/>

<sup>248</sup> Liste des signataires – <http://icrac.net/wp-content/uploads/2013/10/List-of-Signatories-ICRAC-call.pdf>

Dans un rapport diffusé en avril 2013, le Rapporteur spécial des Nations Unies sur les exécutions extrajudiciaires, sommaires ou arbitraires a ainsi appelé les États à mettre en place un moratoire sur la production, l'assemblage, le transfert, l'acquisition, le déploiement et l'utilisation des RLA, au moins jusqu'à ce qu'un cadre international puisse être défini et adopté<sup>249</sup>. À cette fin, il a proposé que le Haut-commissaire des droits de l'Homme des Nations Unies crée un comité d'experts de haut niveau.

#### 2.4.2 – Adopter un traité d'interdiction

Certains prônent d'aller plus loin et d'instaurer une prohibition pure et simple, avec la négociation d'un traité d'interdiction. Ils redoutent en effet une course aux armements robotisés et postulent qu'en l'absence d'interdiction, si les investissements sont consentis et les technologies développées, cette évolution deviendra inéluctable. Une coalition internationale d'organisations non gouvernementales<sup>250</sup>, coordonnée par *Human Rights Watch* (HRW), a en particulier lancé une campagne pour l'interdiction des robots tueurs (*Campaign to Stop killer Robots*). En novembre 2012, HRW a en effet publié avec la *Harvard Law School International Human Rights Clinic* un rapport dédié à cette question. Il conclut en particulier qu'il ne sera probablement pas possible de concevoir des systèmes respectant le droit international humanitaire. De plus une telle avancée créerait un vide juridique en termes de responsabilité et pourrait affaiblir les contrôles non juridiques en ce qui concerne les meurtres de civils<sup>251</sup>.

Cette option ne semble toutefois pas être la plus réaliste même si elle doit être envisagée. Dans le contexte actuel, il apparaît cependant loin d'être certain que des négociations multilatérales puissent aboutir rapidement. Pour qu'un tel instrument juridiquement contraignant puisse être efficace, il faut pouvoir vérifier le respect des obligations par les différents États parties, donc mettre en place un protocole de vérification adapté. Ce point est par exemple illustré par la comparaison entre la CIAB et la CIAC. Les négociations ayant échoué, la CIAB ne dispose pas d'un mécanisme de vérification, ce qui est considéré comme une faiblesse. Confiance et transparence reposent dès lors sur des mesures de confiance.

Outre les difficultés relatives aux négociations, il faut par ailleurs voir s'il est pertinent de développer un instrument contraignant qui pourrait devenir rapidement obsolète ou en décalage avec les objectifs recherchés. De plus, il faut le cas échéant prendre en compte le coût humain et financier associé à la mise en place d'une organisation permettant d'assurer un processus de vérification.

La capacité de ces systèmes d'armes à pouvoir distinguer non seulement entre civils et combattants, mais aussi entre combattants actifs et combattants hors de combat ou entre

---

<sup>249</sup> Heyns C., *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions (A/HRC/23/47)*, 33<sup>ème</sup> session du Conseil de droits de l'homme des Nations Unies, 9 avril 2013.

<sup>250</sup> Ces ONG sont également celles qui sont engagées dans la lutte contre les mines anti-personnel, les armes à sous-munitions ou les lasers aveuglants.

<sup>251</sup> Human Rights Watch, *Losing our humanity: The case against killer robots*, 2012.

civils habilités à porter des armes (e.g. forces de l'ordre) et civils prenant part au conflit, est un élément essentiel dans le débat. En l'état des connaissances, il est difficile d'évaluer si les avancées scientifiques et technologiques permettront de garantir avec suffisamment d'assurance que les principes de discrimination et de proportionnalité puissent être respectés. L'appel à l'interdiction de ces armes repose en grande partie sur cet argument.

À l'inverse, comme il n'est pas possible d'anticiper les avancées scientifiques et technologiques avant que celles-ci ne surviennent, rien n'indique qu'il ne sera pas possible un jour de concevoir un système qui non seulement serait capable de faire cette distinction mais pourrait même s'avérer plus fiable que l'homme. Interdire le développement et l'emploi de ces armes dès maintenant pourrait donc en fait ne pas s'avérer bénéfique mais empêcher la mise au point d'armes permettant de limiter les pertes et les dommages collatéraux.

Cette problématique illustre le fait qu'il s'agit d'une période charnière en ce qui concerne le processus de développement des systèmes d'armes autonomes. En effet, d'une part, il existe des incertitudes technologiques qui, à ce stade, rendent difficiles la conception et la négociation d'un cadre international pertinent et adapté, et d'autre part, les questionnements suscités par les perspectives dans ce domaine devront directement influencer la R&D puisqu'il faudra que les solutions apportées traduisent les enjeux humanitaires et juridiques d'un point de vue technologique.

#### 2.4.3 – Réglementation non contraignante et mesures ad hoc

Étant donné les enjeux éthiques, sociétaux et juridiques, il existe un intérêt indéniable pour les principaux États disposant de programmes de R&D, au premier plan desquels figurent les États-Unis, à développer un cadre normatif. La Directive n°3000.09 définit par exemple l'approche du *Department of Defense* (DoD) concernant le développement des systèmes d'armes autonomes.

Une option plus flexible pourrait s'avérer plus pragmatique et plus aisée à mettre en œuvre, au moins dans un premier temps. Il est à ce titre intéressant de considérer les mesures adoptées ou préconisées dans le but de renforcer la Convention sur l'interdiction des armes biologiques, caractérisée par l'absence de mécanisme de vérification. Même si les problématiques sont différentes, il existe des similarités. Ce sont des domaines caractérisés par une dualité, avec la possibilité d'avoir des applications civiles et militaires, ainsi que par des avancées scientifiques et technologiques rapides qui peuvent changer la donne. Il n'est donc pas si aisé de concevoir un cadre qui puisse prendre en compte ce caractère dual et le rythme de ces évolutions, en restant adapté sans devenir obsolète, mais aussi sans freiner l'innovation et les recherches.

Cette approche pourrait en particulier inclure le développement de bonnes pratiques et de normes nationales, des mesures de confiance, avec des échanges d'information sur

une base volontaire<sup>252</sup>. L'organisation d'un forum de discussion fait aussi partie des moyens de promouvoir ces échanges ainsi que l'harmonisation des politiques et mécanismes de suivi<sup>253</sup>.

#### 2.4.4 – Adapter la Convention sur l'interdiction ou la limitation de l'emploi de certaines armes classiques

Faire évoluer la Convention sur l'interdiction ou la limitation de l'emploi de certaines armes classiques (CCAC) qui peuvent être considérées comme produisant des effets traumatiques excessifs ou comme frappant sans discrimination<sup>254</sup>, en rajoutant les systèmes d'armes autonomes, représente également une possibilité à explorer. En effet, il est rappelé dans son préambule que cette Convention est fondée sur :

*« le principe du droit international selon lequel le droit des parties à un conflit armé de choisir des méthodes ou moyens de guerre n'est pas illimité, et sur le principe qui interdit d'employer dans les conflits armés des armes, des projectiles et des matières ainsi que des méthodes de guerre de nature à causer des maux superflus ».*

Le corps de cette Convention, qui se fonde sur des principes humanitaires, définit un cadre juridique, sans préciser d'interdictions ou de limitations, celles-ci étant spécifiées dans les Protocoles qui lui sont annexés. Cette structure assez spécifique a été adoptée afin de garantir une flexibilité permettant de la faire évoluer. Le champ d'application de cet instrument juridique peut être élargi, afin de prendre en compte les évolutions relatives aux technologies et à l'armement, ainsi que les changements en matière de conduite de la guerre. Il est ainsi envisageable d'adopter de nouveaux protocoles additionnels.

La Convention en comporte pour l'heure cinq et, pour faire partie de la Convention, un État doit accepter d'être lié par au moins deux d'entre eux. Les Protocoles I à IV précisent les limitations et interdictions concernant respectivement les armes conçues pour blesser par des éclats qui ne sont pas localisables aux rayons X dans le corps humain, les mines terrestres ainsi que les pièges et autres dispositifs explosifs, les armes incendiaires et les armes à laser conçues pour causer une cécité permanente. Le Protocole V porte sur les restes explosifs de guerre, définissant un cadre devant permettre de limiter les risques et effets de ces restes. La CCAC s'appliquait initialement dans le cas des conflits armés internationaux. Les États parties ont décidé en 2001 de modifier l'article I et le champ d'application de la Convention, autorisant un pays à l'étendre également aux conflits armés internes, cinq ans après que cela ait été fait dans le cadre des

---

<sup>252</sup> Anderson K., Waxman M., *Law and ethics for autonomous weapons systems* (Task force on national security and law, Hoover Institution & Stanford University), 2013.

<sup>253</sup> Marchant G., Allenby B., Arkin R., Barrett E., Borenstein J., Gaudet L. et al., « International governance of autonomous military robots », *Science and Technology Law Review*, 2011;12:272-315.

<sup>254</sup> Accord multilatéral interdisant l'emploi de certaines armes classiques, ouvert à la signature le 10 avril 1981 et entré en vigueur le 2 décembre 1983.

négociations sur le Protocole II. Seuls 77 États ont ratifié cet amendement à ce stade<sup>255</sup>. Cette évolution ne signifie néanmoins pas que cette extension s'appliquerait automatiquement aux futurs protocoles.

Un mécanisme de contrôle du respect des dispositions a été adopté lors de la troisième Conférence d'examen de la Convention en 2006 par une décision de compromis renforcée par la suite par plusieurs décisions complémentaires. Elle n'est cependant pas juridiquement contraignante, ce qui représente une faiblesse.

La Convention n'a pas toujours permis de prendre en compte le cas de certaines armes ou systèmes d'arme, en grande partie à cause de la lenteur du processus et de la difficulté pour arriver à un consensus. Les négociations relatives à l'adoption d'un nouveau protocole traitant de l'impact humanitaire des mines autres qu'antipersonnel n'ont ainsi par exemple pas pu aboutir. De même, de nouveaux instruments ont été négociés pour les mines antipersonnel et les bombes à sous-munitions, avec les Conventions d'Ottawa et d'Oslo.

Les conséquences humanitaires de l'emploi des mines antipersonnel avaient en effet conduit au développement d'une intense campagne contre ces armes, avec en particulier les appels à l'interdiction totale de ces mines lancés par la Campagne pour l'Interdiction des Mines Antipersonnel (ICBL) en 1993 et par le CICR en 1994. Les États parties à la CCAC ont apporté une première réponse à cette crise en amendant le Protocole II sur les mines, pièges et autres dispositifs, renforçant les obligations relatives à l'usage de ces armes lors des conflits, sans pour autant introduire une interdiction absolue. Le texte, adopté par consensus, résulte cependant d'un compromis, à cause de divergences profondes entre les États.

Cette avancée n'ayant pas été jugée suffisante, un groupe de pays, le Canada à leur tête, a décidé d'entamer des négociations en dehors du cadre de la Convention, impliquant également ONG et agences humanitaires concernées. La Conférence du Désarmement est en effet tributaire du contexte et de l'état des relations internationales, ce qui a par exemple conduit au blocage des travaux sur les mines antipersonnel, et l'approche novatrice adoptée a ainsi permis de contourner cet obstacle<sup>256</sup>. Le processus d'Ottawa a conduit à l'adoption de la Convention d'Ottawa, imposant une interdiction totale de ces mines. Certains pays ont choisi de privilégier ce processus et n'ont dès lors pas ratifié le Protocole II amendé. Le processus ayant abouti à l'interdiction des bombes à sous-munitions est comparable, aucun accord n'ayant pu être obtenu dans le cadre de la CCAC<sup>257</sup>.

---

<sup>255</sup> Au 1<sup>er</sup> octobre 2013.

<sup>256</sup> Dahan P., « La Conférence du désarmement : fin de l'histoire ou histoire d'une fin ? », *Annuaire Français du Droit International*, 2002;48:196-213.

<sup>257</sup> Rouppert B., « La Convention sur les armes à sous-munitions – Un état des lieux », *Les Rapports du GRIP*, 2009:9.

Il faut néanmoins souligner que la Convention a en revanche permis d'interdire les armes à laser avec le Protocole IV. Cette approche représente une situation inédite en matière de maîtrise des armements, mais intéressante à rappeler dans le contexte des réflexions sur les systèmes d'armes autonomes, puisque cette interdiction porte sur un système d'arme venant juste d'être développé et n'ayant encore jamais été utilisé dans le cadre d'un conflit armé. La CCAC ne fait ainsi pas que reprendre le droit coutumier, mais contribue également à l'établir<sup>258</sup>.

La CCAC représente donc toujours une enceinte de discussion particulièrement intéressante, permettant d'étudier l'impact au regard du droit international humanitaire de nouvelles armes non encore traitées par cette Convention ou une autre. Même si l'universalité reste loin d'être atteinte, le nombre d'États parties est en augmentation constante, avec à l'heure actuelle 117 auxquels il faut ajouter 5 États signataires.

Reconnaissant les enjeux techniques, juridiques et éthiques, les pays participants à la Convention sur certaines armes classiques ont pris la décision d'engager des travaux portant sur les systèmes d'armes létaux autonomes. La France, qui avait organisé en septembre un séminaire sur les systèmes d'arme entièrement autonomes, a été à l'initiative de cette décision. Une première réunion d'experts informelle devrait se tenir en mai 2014, à Genève, permettant d'initier un dialogue intergouvernemental sur cette question. Le président devra à l'issue rédiger un rapport présentant les discussions et le soumettre aux Hautes Parties Contractantes à la Convention.

## 2.5 – **Recommandations**

*La France a déjà montré qu'elle était particulièrement active sur cette question. Il apparaît important qu'elle continue de participer activement à la réflexion normative en amont, alors que les technologies ne sont pas encore matures. Organiser un séminaire international à Paris, en fonction des résultats de la réunion informelle de mai 2014, pourrait permettre de continuer à promouvoir les discussions sur cette thématique.*

*Il n'existe pas de systèmes qui soient entièrement autonomes à l'heure actuelle. Néanmoins, étant donné les implications en termes de recherche et développement mais aussi potentiellement de conduite des opérations à terme, le ministère de la Défense pourrait commander une étude prospective portant sur les systèmes d'armes létaux autonomes, axée plus spécifiquement sur les aspects technologiques (maturité) et les aspects juridiques.*

---

<sup>258</sup> UNODA, « Promouvoir l'universalité de la Convention sur certaines armes classiques », Etudes thématiques de l'UNODA, 2009, n°17.



**CONFÉRENCE D'INTERDICTION SUR LES ARMES  
BIOLOGIQUES (DE LA PREMIÈRE À LA SIXIÈME  
CONFÉRENCE D'EXAMEN)****PREMIÈRE CONFÉRENCE D'EXAMEN, 1980**

*Remarque : La France est partie à la Convention depuis 1984, donc n'était pas à la première Conférence.*

**PROPOSITION BRITANNIQUE**

Dans un document de travail portant sur la documentation de base<sup>259</sup>, le Royaume-Uni propose que celle-ci comprenne deux catégories, la première concernant l'examen de la Convention et la seconde les réalisations scientifiques et techniques. Il suggère plus précisément de créer un petit groupe d'experts à composition non limitée. Il aurait pour mission de procéder à l'étude de ces réalisations et de rédiger un document d'information. À cette fin, le Secrétaire général des Nations Unies pourrait être chargé d'organiser une réunion informelle, plus précisément « *pendant la période où plusieurs délégations auront des experts des armes chimiques de passage à Genève* ». Après que les experts aient convenu des grands domaines qui devraient être étudiés, un premier projet d'étude technique serait rédigé par le président et le secrétaire scientifique de ce groupe en se fondant sur les recommandations des experts, puis soumis aux États parties. Les observations des États parties seraient ensuite intégrées afin de produire un document examiné lors d'une seconde réunion du groupe d'experts, organisée au cours de la session de printemps du Comité du désarmement. Enfin, le rapport technologique final devrait être présenté à la Conférence d'examen.

**ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

En juillet 1979, le Comité préparatoire a précisé le calendrier pour la préparation du document d'information sur les nouvelles réalisations scientifiques et techniques ayant un rapport avec la Convention<sup>260</sup>. Il demande aux gouvernements dépositaires – Royaume-Uni, Union des Républiques Socialistes Soviétiques et États-Unis – de rédiger ce document et de le transmettre au Secrétaire général du Comité préparatoire. Afin d'alimenter la réflexion, les représentants des pays dépositaires ont d'ailleurs organisé une réunion afin de discuter des nouveaux développements scientifiques et techniques,

---

<sup>259</sup> BWC/CONF.I/PC/3, 10 juillet 1979 ; *Rapport du Comité préparatoire de la Conférence des États parties chargée de l'examen de la Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) et sur leur destruction*, BWC/CONF.I/3, 2 janvier 1980.

<sup>260</sup> BWC/CONF.I/PC/INF.4, 16 juillet 1979.

invitant les experts et autres participants des États parties à y assister et à proposer des thématiques pour ce document<sup>261</sup>.

Le Secrétaire général est ensuite chargé de le faire distribuer dans les quatre langues officielles (anglais, espagnol, français et russe) aux États parties afin que ceux-ci puissent ensuite lui faire parvenir leurs commentaires. Les États parties peuvent également transmettre par ailleurs leurs vues sur ces nouvelles réalisations. Enfin, le Secrétaire transmet un recueil des observations faites sur le document, comprenant les documents éventuellement soumis par les États parties.

### **DOCUMENT DE TRAVAIL TRANSMIS PAR LES GOUVERNEMENTS DÉPOSITAIRES ET POINTS DE VUE DES ÉTATS PARTIES**

Les gouvernements dépositaires ont remis le 8 février 1980 un rapport rédigé par leurs experts reprenant les principaux développements scientifiques et technologiques considérés comme ayant un rapport évident et direct avec l'examen du fonctionnement de la Convention. Dans l'introduction, il est précisé que sont mentionnées les avancées survenues depuis la préparation et l'entrée en vigueur de la CIAB, puisque d'autres rapports, dont ceux des Nations Unies et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), couvrent la période antérieure<sup>262</sup>. Analysant les implications pour la Convention pour chacun d'entre eux, ce rapport insiste ainsi plus particulièrement sur les développements suivants<sup>263</sup> :

**A. Les techniques de l'ADN recombinant** : une série d'avancées significatives est citée, incluant la découverte de moyens permettant le clivage de l'ADN de façon spécifique et reproductible, le développement de méthodes de synthèse chimique *in vitro* de séquences d'ADN de longueur moyenne, la mise au point de méthodes simples de recombinaison de l'ADN et de méthodes permettant d'introduire les molécules d'ADN recombinant dans différents organismes, ou encore l'identification de méthodes de sélection de clones recombinants.

Les experts soulignent que si les techniques de l'ADN recombinant sont similaires aux techniques génétiques classiques pour ce qui concerne le principe, elles rendent cependant possible le transfert de matériel génétique entre des espèces bien plus éloignées. De

---

<sup>261</sup> BWC/CONF.I/PC/INF.5, 18 juillet 1979.

<sup>262</sup> Et plus particulièrement :

Département des Affaires Politiques et des Affaires du Conseil de Sécurité, Nations Unies, *Les armes chimiques et bactériologiques (biologiques) et les effets de leur utilisation éventuelle : Rapport du Secrétaire général*. Nations Unies : New York. 1969. 112 p.

*Santé publique et armes chimiques et biologiques. Rapport d'un Groupe de consultants de l'OMS*. 1970. <http://whqlibdoc.who.int/publications/24209.pdf>

Les maladies infectieuses émergentes sont rapidement apparues comme une problématique à prendre en compte dans le cadre de la Convention. Elles ne rentrent pas dans le champ de la Convention sous l'angle de la santé publique, mais à cause du fait que l'origine de certaines maladies émergentes pourrait ne pas être connue (usage délibéré par exemple).

<sup>263</sup> *Report of the Preparation Committee for the Review Conference of the Parties to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction*, BWC/CONF.I/5, 8 février 1980.

leur point de vue, le développement et la production de nouveaux agents ou de nouvelles toxines auraient cependant représenté un « *problème d'une insurmontable complexité* » et de tels travaux ne seraient pas forcément couronnés de succès. Ils notent par ailleurs que de plus ces techniques ne permettraient pas de diminuer les mesures de sécurité biologique. Elles présenteraient ainsi plutôt le risque d'être détournées dans le but d'altérer les caractéristiques d'un organisme existant, afin d'en faire un meilleur agent biologique dans le cadre d'un programme offensif ou de renforcer sa capacité à produire une toxine.

Les auteurs concluent que ces techniques ne constituent pas une remise en cause de la Convention puisque l'article I parle d'« *agents microbiologiques ou autres agents biologiques, ainsi que des toxines quels qu'en soient l'origine ou le mode de production* », ce qui recouvre les substances qui pourraient être fabriquées ou créées à partir de techniques de l'ADN recombinant. De plus, les nouveaux agents qui pourraient être développés ne présenteraient vraisemblablement pas d'avantages significatifs par rapport à des agents d'origine naturelle, limitant l'intérêt de s'engager dans cette voie. Les développements dans ce domaine doivent néanmoins être suivis et réévalués de manière périodique.

**B. Les nouvelles maladies infectieuses** : quatre maladies infectieuses émergentes ont été identifiées entre 1967 et 1976, avec trois fièvres hémorragiques virales (à virus Ébola, Marburg et Lassa) et la maladie du légionnaire (légionellose, d'origine bactérienne).

Notant qu'il existe pour les agents pathogènes responsables de ces maladies peu d'informations disponibles concernant les facteurs qui devraient être étudiés pour évaluer la possibilité d'employer ces agents à des fins militaires (incluant par exemple le pouvoir infectieux, la stabilité, la facilité de dissémination, ou encore l'existence de moyens prophylactiques ou/et thérapeutiques), les experts concluent qu'il semble peu probable que ces agents, qui relèvent de l'article I de la Convention, puissent représenter une menace à ce stade. Ils ne présenteraient vraisemblablement pas d'avantages dans le contexte d'un programme offensif par rapport à d'autres agents existants.

Au-delà de la prise en compte des maladies émergentes au travers du prisme de la CIAB, les experts posent également la question des conséquences de l'éradication de la variole ou d'autres maladies infectieuses. Il faut en effet rappeler que la variole a été déclarée éradiquée par l'OMS à la même période, en 1980. Cette éradication a entraîné l'arrêt des vaccinations de masse qui avaient permis d'atteindre cet objectif de santé publique. Cependant, le rapport de l'OMS comprend un chapitre portant sur les origines possibles d'une réintroduction de la variole, incluant, outre l'existence de réservoirs naturels ou animal, le risque – extrêmement faible – de diffusion accidentelle à partir des stocks de virus variolique détenus par les laboratoires autorisés, mais aussi la diffu-

sion volontaire, soulignant que « *le danger d'un tel acte augmentera d'ailleurs à mesure que l'immunité de la population s'amenuisera* »<sup>264</sup>.

**C. La synthèse chimique de toxines** : les synthèses partielles ou complètes d'un certain nombre de toxines de bas poids moléculaire ont été réalisées entre le moment où la Convention a été négociée et ce premier rapport sur les avancées scientifiques et technologiques (par exemple, synthèse totale de la tétrodoxtine annoncée en 1972 et celle de la saxitoxine en 1977). Les quantités produites restent cependant très faibles et la synthèse complexe, impliquant qu'il serait plus aisé d'obtenir ces toxines à partir d'une source naturelle. Même si l'identification structurale et la synthèse de toxines de haut poids moléculaire restent inabordables, les experts considèrent qu'il deviendra probablement possible à l'avenir de synthétiser une toxine quelles que soient sa taille et sa complexité. La possibilité de parvenir à synthétiser des composés n'existant pas dans la nature et présentant une toxicité similaire à celle des toxines voire supérieure doit être envisagée.

**D. L'utilisation industrielle de techniques de fermentation** : il existe de nombreuses applications, incluant le développement d'antibiotiques, vaccins et autres produits thérapeutiques. De grandes différences entre les pays sont observées en ce qui concerne les capacités industrielles dans ce domaine. La production à grande échelle de protéines unicellulaires représente l'un des principaux développements. Parmi les autres thématiques citées qui ont fait l'objet de travaux de R&D dans les pays développés au cours de la décennie figurent en particulier la mise au point de cuves de grandes capacités pour la culture discontinue, le contrôle par ordinateur des procédés de culture continue et discontinue à grande échelle, le séchage par atomisation et stabilisation pour le stockage de microorganismes vivants et produits microbiologiques, l'étude de la croissance microbienne d'un point de vue mathématique et biochimique, ou encore l'utilisation de techniques de l'ADN recombinant afin de développer de nouveaux microorganismes présentant un intérêt industriel.

Bien que l'utilisation de techniques de fermentation soit en pleine expansion depuis l'entrée en vigueur de la Convention et soit amenée à continuer à se développer, il ne semble pas que cela puisse affecter de façon importante les motivations ou les capacités en matière de guerre biologique, d'un point de vue scientifique et technique.

**E. Le contrôle microbiologique contre les animaux nuisibles** : les experts soulignent dans leurs conclusions que les agents microbiologiques qui font l'objet de recherches ou qui sont employés dans ce contexte ne risquent pas de pouvoir être détournés à des fins militaires. Un détournement de l'expertise ou des sites tomberait sous le coup de la Convention.

**En conclusion**, le rapport sur les développements scientifiques et technologiques soumis par les gouvernements dépositaires souligne qu'ils n'ont pas freiné les activités ayant

---

<sup>264</sup> Commission mondiale pour la certification de l'éradication de la variole, *L'éradication mondiale de la variole*, OMS : Genève, 1980 – [http://whqlibdoc.who.int/publications/a41464\\_fre.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/a41464_fre.pdf)

des fins pacifiques. De nouveaux agents biologiques créés en exploitant ces avancées ne présenteraient vraisemblablement pas d'avantages par rapport à ceux existants et relèveraient de toute façon de l'article I de la Convention. Ces développements n'ont ainsi pas engendré de nouveaux risques qui menaceraient d'affaiblir la Convention. Ils n'apparaissent pas comme ayant une incidence en termes de motivations ou ayant fait évoluer les capacités au point qu'il puisse y avoir des conséquences sur le développement d'armes biologiques ou à toxines.

Par ailleurs, conformément à ce qui était prévu dans le rapport du Comité préparatoire, au moins deux États parties ont transmis leur point de vue concernant les nouveaux développements scientifiques et technologiques pouvant représenter un intérêt du point de vue de la Convention<sup>265</sup>. Si la **Hongrie** s'est limitée à indiquer qu'elle n'avait rien à communiquer à ce sujet, la **Suède** a insisté sur les avancées dans les domaines de la génétique cellulaire et des biotechnologies, en développant plus précisément les possibilités et les risques associés aux technologies enzymatiques et génétiques. La Convention couvre ces avancées, mais, pour le gouvernement suédois, il apparaît nécessaire de procéder à un examen périodique du fonctionnement de la Convention afin de s'assurer que les objectifs énoncés dans le préambule et les dispositions restent respectés.

### DÉCLARATION FINALE

La question des développements scientifiques et techniques fait partie des points discutés lors de la Conférence plénière. La portée de l'article I a été réaffirmée. Les interventions concernant l'article XII ont de plus souligné l'importance de celui-ci, précisant qu'il fallait notamment pouvoir évaluer les rapides avancées scientifiques et techniques<sup>266</sup>.

Au vu des différents éléments d'analyse mentionnés ci-dessus, la déclaration finale de la première Conférence d'examen réaffirme donc l'importance de l'article I de la CIAB, dont les dispositions sont considérées comme étant « *suffisamment larges pour couvrir toute réalisation scientifique et technologique nouvelle ayant un rapport avec la Convention* ». Concernant l'examen de l'article XII, la Conférence décide qu'il faudra que les informations relatives aux avancées scientifiques et techniques en rapport avec la Convention et son application soient communiquées aux États parties de façon périodique, « *en particulier par l'intermédiaire du Centre des Nations Unies pour le désarmement* »<sup>267</sup>.

---

<sup>265</sup> Views of the State Parties on new scientific and technological developments relevant to the Convention (Paragraph 13 of the Report of the Preparatory Committee), BWC/CONF.I/6, 29 février 1980.

<sup>266</sup> Report of the Committee of the Whole, BWC/CONF.I/7, 18 mars 1980.

<sup>267</sup> Final Declaration of the First Review Conference, BWC/CONF.I/10, 21 mars 1980.

## DEUXIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 1986

### ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Le Comité préparatoire a demandé à chacun des gouvernements dépositaires de soumettre des informations relatives aux développements scientifiques et techniques ayant une incidence pour la Convention, en prenant en compte leurs applications et le rapport avec la CIAB. Les États parties qui le souhaitaient ont par ailleurs également pu transmettre leurs points de vue à ce sujet au Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies<sup>268</sup>.

### DOCUMENTS DE TRAVAIL TRANSMIS PAR LES GOUVERNEMENTS DÉPOSITAIRES ET POINTS DE VUE DES ÉTATS PARTIES

Le Secrétariat général a compilé les observations soumises par un certain nombre d'États parties. La **Tchécoslovaquie** et le **Danemark** ont limité leurs remarques au fait que la Convention permettait déjà de répondre aux enjeux que pouvaient poser ces progrès<sup>269</sup>, la **Finlande** faisant de même mais en insistant sur les risques représentés par les avancées en matière de biotechnologies, incluant l'ADN recombinant, qui pourraient contribuer à la création de nouveaux types d'armes biologiques<sup>270</sup>.

Comme lors de la première Conférence d'examen, la **Suède**, ainsi que les trois pays dépositaires – le **Royaume-Uni** et l'**Irlande du Nord**, l'**Union des Républiques Soviétiques Socialistes** et les **États-Unis**, qui se sont accordés pour soumettre des rapports différents –, ont fourni des analyses plus développées<sup>271</sup> :

➔ *Le rapport suédois* met en avant les avancées significatives ayant eu lieu dans les domaines de la **biologie moléculaire** et des **biotechnologies** au cours de la période d'examen. La menace a augmenté, son spectre s'élargit. Parallèlement, il ne faut pas oublier que ces avancées permettent également d'améliorer les moyens d'y faire face, par exemple avec le développement de contre-mesures médicales telles que des vaccins. La problématique du double usage est évoquée au travers de ce texte. Concernant la menace biologique, il ne faut plus considérer uniquement les microorganismes d'origine naturelle, et donc identifiés, puisqu'il devient possible de créer de nouvelles molécules ou des organismes pathogènes ou toxiques pour l'Homme, les animaux ou les plantes, par exemple en renforçant leur résistance dans l'environnement ou en induisant des antibiorésistances.

---

<sup>268</sup> *Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction*, BWC/CONF.II/4, 18 août 1986.

<sup>269</sup> *Ibidem*.

<sup>270</sup> *Addendum*, BWC/CONF.II/4/Add.1, 29 août 1986.

<sup>271</sup> BWC/CONF.II/4, 18 août 1986,  
BWC/CONF.II/4/Add.1, 29 août 1986,  
BWC/CONF.II/4/Add.2, 8 septembre 1986.



Il faut ainsi désormais envisager par exemple que des **technologies comme celles de l'ADN recombinant**, puissent être exploitées afin de faire produire par des microorganismes des toxines d'origine humaine, animale ou végétale. Les **technologies enzymatiques** pourraient contribuer au risque de production de toxines à grande échelle. Les travaux sur la **microencapsulation** pourraient quant à eux permettre d'encapsuler des acides nucléiques purs codant pour la synthèse de toxines, l'amélioration de la stabilité lors de la phase de stockage ou la protection contre certains facteurs physiques susceptibles par ailleurs d'affecter des agents biologiques. Outre ces domaines, les techniques et les connaissances en matière de production à grande échelle de pathogènes et de dispersion par aérosol employées dans le cadre de la lutte contre les insectes nuisibles ne sont pas sans rappeler les méthodes nécessaires à l'emploi d'agents biologiques de guerre. L'immunologie ouvre à l'inverse des perspectives en termes de capacités de protection et de diagnostics.

En termes de prospective, il est intéressant de noter que les experts suédois envisagent la possibilité que des produits d'origine humaine tels que des hormones ou des transmetteurs puissent être produits. De faibles quantités de ces substances suffisent à induire des effets et il pourrait être possible de créer de nouveaux groupes d'agents biologiques en combinant du matériel génétique avec par exemple des virus.

➔ Le rapport britannique reprend la structure du précédent rapport de 1980. Concernant les biotechnologies, il n'y a pas eu de rupture majeure comme celle représentée par les technologies de l'ADN recombinant. La principale évolution dans le domaine de l'ingénierie génétique (expression préférée à celle de technologies de l'ADN recombinant employée dans le précédent rapport) concerne la production industrielle de substances par des procédés microbiologiques, signifiant ainsi le développement de la dimension commerciale. De nombreuses entreprises pharmaceutiques et de biotechnologies, incluant des entités nouvellement créées, exploitent l'ingénierie génétique. Dans ce contexte, une nouvelle discipline s'est développée : la bio-informatique.

Considérant les maladies infectieuses, le rapport mentionne principalement l'identification de nouveaux arbovirus et surtout le SIDA, identifié pour la première fois en 1981, mais ces nouvelles maladies émergentes ne sont pas considérées comme pouvant avoir un impact pour la Convention. Pour les toxines, il n'y a pas eu d'évolution concernant la synthèse chimique, mais l'ingénierie génétique ouvre par contre de nouvelles perspectives en matière de synthèse microbiologique.

Le document britannique souligne, sans les développer par ailleurs, l'étendue des avancées en ce qui concerne la microbiologie appliquée au domaine industriel, insistant sur les interactions avec l'ingénierie génétique. Cette tendance se traduit avant tout au niveau des capacités nationales en matière de production de microorganismes et produits microbiologiques et par l'adoption de politiques pour les biotechnologies, d'accords internationaux, ou encore la mise en place d'organisations dédiées. Le nombre de pays disposant de capacités de production à grande échelle de protéines unicellulaires, développement significatif mentionné dans le précédent rapport, a augmenté.

Les similarités entre les méthodes microbiologiques de lutte contre les animaux nuisibles et celles de guerre biologique sont également rappelées, et plus particulièrement les procédés de production à grande échelle de microorganismes ou de métabolites d'origine microbienne, de mise au point de liquides ou de poudres, ainsi que de dissémination. Une série d'avancées dont les résultats pourraient être adaptés et détournés est également proposée :

- a. Bactéries obtenues par ingénierie génétique, produisant des toxines avec un rendement élevé ;
- b. Production de toxines à partir d'espèces bactériennes autres que celles les produisant naturellement, grâce à l'ingénierie génétique ;
- c. Développement de formes destinées à améliorer la viabilité microbienne pour le stockage et la dispersion par aérosol ;
- d. Protection par l'incorporation de teintures filtrant les UV de microorganismes dispersés par aérosol ;
- e. Améliorations en matière de séchage par atomisation et broyage de microorganismes et toxines ;
- f. Formulation d'associations synergiques de microorganismes vivants et de toxines anticoagulantes avec des systèmes d'administration de substances médicamenteuses ;
- g. Développement de lignes de production automatisées pour les insectes utilisés pour la production de certains virus ;
- h. Importante amélioration des connaissances au sujet des aspects aérobiologiques de la dissémination et identification de facteurs contrôlant la viabilité et la stabilité au cours de la dissémination, en aérosol et en ce qui concerne la persistance ;
- i. Systèmes de cultures continues contrôlés par ordinateur et systèmes de purification améliorés.

Les conclusions de cette analyse ne diffèrent pas de celles présentées dans le rapport de 1980, les avancées scientifiques et technologiques ne remettent pas en cause la pertinence de la Convention, sa formulation permettant de les prendre en compte. Considérant les évolutions qui pourraient contribuer à un programme biologique offensif, l'accent est donc principalement mis sur « *l'explosion des biotechnologies* » dans de nombreux pays, avec l'ingénierie génétique et la microbiologie industrielle, en rappelant également les progrès en matière de méthodes microbiologiques de contrôle des nuisibles et l'amélioration des connaissances portant sur la production à grande échelle et la dissémination.

➔ Le rapport soviétique présente également en premier les avancées dans le domaine de l'ingénierie génétique comme le principal développement par rapport au dernier examen, insistant notamment sur les méthodes de synthèse chimique organique *in vitro* de molécules d'ADN et d'ARN de plus de 100 paires de nucléotides, donc codant pour de petits peptides ou des peptides de taille moyenne.

Deux tendances caractérisent le secteur des biotechnologies, avec d'une part des procédés industriels permettant des productions à plus grande échelle et, d'autre part, l'amélioration des procédés. Il y a eu des avancées significatives en ce qui concerne les capacités de synthèse microbiologique à grande échelle.

Un certain nombre de microorganismes faisant l'objet de recherche sont cités. Parmi ceux-ci figurent par exemple ceux sur l'induction de la pathogénicité (chez *Escherichia coli* K-12, par transfert par conjugaison d'un plasmide de haut poids moléculaire et de trois fragments chromosomiques de *Shigella flexneri*), montrant qu'il était « *en principe possible de créer des microorganismes pathogènes* » qui pourraient potentiellement être utilisés comme agents biologiques de guerre.

Le deuxième point développé dans ce rapport porte sur les agents pathogènes responsables de maladies infectieuses. Un nouveau domaine de recherche est en train de se développer, avec l'épidémiologie moléculaire qui permet d'étudier la diversité génétique des virus (les avancées portant sur plusieurs genres de virus des fièvres hémorragiques sont brièvement présentées). Concernant les bactéries et rickettsies, des avancées portant sur les agents pathogènes de la maladie du Légionnaire, de la peste (incluant pour cet agent le développement de méthodes de lyophilisation et de stockage à long terme de cultures), de la tularémie, de la maladie du charbon, de la fièvre Q et de la fièvre des montagnes rocheuses. Les nouveaux agents pathogènes décrits sont non seulement le virus du sida mais aussi les prions. Les prions ne présentent cependant pas d'intérêt comme agents de guerre biologique. À cette époque, certains se demandent si le virus du sida n'aurait pas été créé artificiellement et le considèrent comme pouvant peut-être être agent biologique. Il s'agit d'une maladie extrêmement dangereuse du fait du fort taux de mortalité et de l'absence de traitement, mais il semble en fait peu vraisemblable qu'elle soit utilisée comme moyen d'attaque flagrante étant donné le délai avant l'apparition des symptômes.

La méthode microbiologique reste la principale méthode d'obtention de la majeure partie des toxines, et des microorganismes permettant de produire des toxines telles que la tétrodotoxine et la saxitoxine ont été identifiés. Parmi les points qui méritent d'être mentionnés figurent également les mycotoxines trichothécènes, qui ont fait l'objet de recherches, ainsi que le développement de méthodes pour synthétiser des toxines d'assez haut poids moléculaire ou la synthèse de toxines hybrides. Ces hybrides ne sont pas plus toxiques que des toxines d'origine naturelle, mais il est cependant possible de créer des hybrides présentant des tableaux cliniques d'intoxication différant de ceux qui seraient rencontrés.

La portée de la Convention est réaffirmée. Outre les points mis en exergue dans la conclusion, comme les progrès dans les domaines de la génétique et de la biologie moléculaire appliquées aux microorganismes, l'immunologie, l'ingénierie génétique et les biotechnologies, ce rapport soulève la question de la synthèse de toxines par des méthodes de chimie bioorganique. Ces dernières pourraient être considérées soit comme

des armes à toxines, soit comme des armes chimiques, ce qui par ailleurs n'aurait pas d'incidence sur les prohibitions et obligations imposées par la CIAB.

→ Le rapport américain développe principalement les avancées dans le domaine des applications des biotechnologies, en particulier en matière de production, de culture de cellules de mammifères, de fermenteurs à flux continu, de filtration par fibres creuses, ainsi que de normes de sécurité.

Les biotechnologies permettent par ailleurs de fabriquer des microorganismes présentant de nouvelles caractéristiques, avec la possibilité que ce ne soit pas forcément pour des applications pacifiques puisqu'il devient par exemple possible d'augmenter la virulence, d'améliorer la stabilité dans l'environnement et d'induire des résistances aux antibiotiques. Ces altérations génétiques peuvent affecter le pouvoir immunogène. Pathogénicité, infectiosité, stabilité dans l'environnement et persistance des microorganismes pathogènes peuvent être altérées. En ce qui concerne les toxines, modifier l'ADN de microorganismes hôtes peut permettre la production de toxines protéiques qui existent par ailleurs dans la nature. De plus, les progrès dans le domaine des biotechnologies permettent d'envisager la production de toxines en quantités plus élevées que celles considérées lors du précédent examen de 1980. Enfin, comme dans le rapport suédois, le potentiel représenté par les peptides est mis en lumière. Actifs à faible dose, ils jouent un rôle très important dans les mécanismes de régulation du corps humains. À ce stade, l'ingénierie des protéines en est à ses débuts, mais il faut intégrer le potentiel représenté par la conception moléculaire assistée par ordinateur ainsi que par les technologies permettant la synthèse chimique de peptides.

La partie consacrée aux maladies infectieuses décrit d'une part l'identification d'une nouvelle maladie, le sida, et d'autre part la survenue dans de nouvelles aires géographiques d'épidémies de fièvre de la vallée du Rift, maladie par ailleurs connue.

L'accent est donc mis sur les progrès dans le domaine de la biologie moléculaire et des biotechnologies, le rapport américain précisant que, « *comme la juxtaposition des deux mots « biologie moléculaire » le laisse entendre, la distinction entre biologie et chimie est en train de se brouiller* ». La portée de la Convention est réaffirmée. Néanmoins force est de constater que certaines difficultés d'ordre technique ne représentent plus un frein comme auparavant. La possibilité de détournement des biotechnologies représente une cause de préoccupation.

Le **Canada** a contribué à cette réflexion par un document sur les activités au niveau national et l'implication du gouvernement dans le domaine des biotechnologies<sup>272</sup>. Au nom d'un **groupe d'États socialistes**, le Représentant permanent de la Hongrie auprès de la Conférence d'examen a par ailleurs transmis au président de la Conférence d'examen l'extrait consacré au développement accéléré des biotechnologies du programme

---

<sup>272</sup> *Canadian paper on general nature and magnitude of biotechnology activities in Canada and the extent of governmental involvement therein*, BWC/CONF.II/6, 10 septembre 1986.

pour les avancées scientifiques et technologiques jusqu'en 2000 dans les États membres du *Council of Mutual Economic Assistance* (CMEA)<sup>273</sup>.

### DOCUMENTS DE TRAVAIL ET PROPOSITIONS SOUMIS PAR LES ÉTATS AU COURS DE LA CONFÉRENCE D'EXAMEN

Un groupe de pays composé de la **République Démocratique d'Allemagne**, de la **Hongrie** et de l'**URSS** a soumis une proposition concernant l'article V, incluant entre autres, la mise en place d'un groupe d'experts scientifiques qui serait chargé d'étudier les développements technologiques récents ayant une incidence sur le respect des engagements de la Convention.

Parmi toutes les propositions sur les différents articles transmises par les États parties, la Suède en a soumise une portant sur l'article XII<sup>274</sup>.

### DÉCLARATION FINALE

Comme pour la précédente Conférence d'examen, il est réaffirmé dans la déclaration finale que la portée de l'article I englobe bien les développements scientifiques et techniques pertinents au regard de la Convention. Concernant l'article XII, alors que différents points de vue ont été exprimés à propos de la vérification, les États parties se sont accordés sur une série de points devant être discutés lors de la prochaine Conférence d'examen, incluant entre autres « *l'impact des développements scientifiques et technologiques intéressant la Convention* ».

## **TROISIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 1991**

### ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Comme précédemment, le Comité préparatoire a demandé à chacun des gouvernements dépositaires de soumettre des informations relatives aux développements scientifiques et techniques ayant une incidence pour la Convention, en prenant en compte leurs applications et le rapport avec la CIAB. Les États parties qui le souhaitent ont par ailleurs également pu transmettre leurs points de vue à ce sujet au Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies<sup>275</sup>.

---

<sup>273</sup> Letter dated 15 September 1986 from the permanent representative of Hungary to the President of the Review Conference on behalf of a group of socialist states submitting the chapter entitled « Accelerated development of biotechnology », of the comprehensive programme for scientific and technological progress of CMEA Member States up to the year 2000, BWC/CONF.II/7, 15 septembre 1986.

<sup>274</sup> Final Document, Part II., Final Declaration, BWC/CONF.II/13/II, 26 septembre 1986.

<sup>275</sup> Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction, BWC/CONF.III/4, 26 août 1991.

## DOCUMENTS DE TRAVAIL TRANSMIS PAR LES GOUVERNEMENTS DÉPOSITAIRES ET POINTS DE VUE DES ÉTATS PARTIES

Les trois gouvernements dépositaires ont présenté leur point de vue :

➔ Le document britannique suit la structure des rapports précédents<sup>276</sup>. Par comparaison, l'expression « *modification génétique* » remplace celles de techniques de l'ADN recombinant et de génie génétique employées respectivement dans les documents de 1980 et 1986. Il n'y a pas eu d'innovations majeures dans ce domaine, mais l'emploi des techniques de modification génétique s'est développé, avec un champ d'application plus large incluant la microbiologie et la biologie. Il faut cependant noter le développement du génie protéique, application de la modification génétique aux protéines, avec d'une part la création de nouvelles molécules et, d'autre part, la modification des caractéristiques de protéines existantes.

Dans ce contexte, l'utilisation croissante des biotechnologies a conduit les gouvernements à imposer des contraintes réglementaires ou des contrôles obligatoires. Ces contraintes de sécurité biologique se sont traduites par des contraintes financières, qui ont pu avoir comme incidence dans les pays développés une baisse du nombre de laboratoires disposant d'une expertise sur des agents pathogènes préoccupants du point de vue de la Convention (coût de construction d'un laboratoire de confinement respectant les normes de sécurité), ainsi qu'une diminution des activités de recherche académiques et publiques portant sur des agents pathogènes qui ne représentent pas une priorité de santé publique.

Parmi les autres points soulignés dans ce rapport figurent les nouveaux antibiotiques et antiviraux, l'absence d'émergence de maladies infectieuses présentant un intérêt particulier au regard de la Convention, et les avancées concernant la détection et l'identification, incluant notamment la PCR, technique présentée comme étant particulièrement prometteuse.

Les conclusions des rapports précédents ne sont pas remises en cause en ce qui concerne la portée de la Convention. D'un côté, les développements dans le secteur civil relevant des biotechnologies, des techniques de modification génétique, de la microbiologie industrielle ou du contrôle microbiologique des nuisibles pourraient être détournés et contribuer à un programme offensif. De l'autre, les capacités de protection ont également augmenté grâce aux avancées en matière de techniques diagnostiques et d'identification, ainsi que de développement de vaccins.

➔ Le rapport américain présente de grandes similarités avec le précédent rapport de 1986, puisqu'il développe principalement les avancées dans le domaine des applications des biotechnologies, en particulier en matière de production, de culture de cellules de

---

<sup>276</sup> Id.



mammifères, de fermenteurs à flux continu, de filtration par fibres creuses, ainsi que de normes de sécurité et environnementales<sup>277</sup>.

Les progrès de la recherche fondamentale et ses applications dans les domaines de la médecine, de l'agriculture et de l'industrie sont présentés comme les principales découvertes au cours des cinq dernières années. Les applications concernant la détection, l'identification et la production sont celles qui présentent le plus grand intérêt du point de vue de la Convention.

Le risque lié aux manipulations génétiques de microorganismes est rappelé. La production par voie biologique permet d'obtenir de larges quantités de produits qui n'étaient auparavant obtenus qu'en quantités limitées. Il est de plus désormais possible d'identifier les gènes responsables de propriétés spécifiques et de les transférer. Concernant les toxines, certaines toxines protéiques naturelles peuvent être obtenues en modifiant l'ADN de microorganismes. De plus, il s'avère possible de produire des quantités plus importantes grâce aux biotechnologies. Au sujet des peptides, le rapport rappelle que le génie protéique en est encore à ses débuts, mais souligne le rôle que vont jouer la conception assistée par ordinateur et les technologies permettant la synthèse chimique directe de peptides et protéines.

La conclusion est la même que pour celle du rapport de 1986, la portée de la CIAB est réaffirmée et il est rappelé que la distinction entre biologie et chimie est en train de devenir plus floue. De plus, les avancées récentes contribuent à faciliter la dissimulation de sites de production et il existe de nouveaux systèmes de dispersion qui pourraient en particulier être utilisés pour des toxines ou des peptides. En conséquence, la problématique de la vérification de la Convention apparaît comme beaucoup plus complexe.

➔ Le rapport soviétique liste une série de domaines de recherche qui apparaissent préoccupants<sup>278</sup> :

- a. *« L'étude au niveau moléculaire et génétique des déterminants de la virulence et de l'atténuation des virus, permettant de créer des variantes d'une virulence renforcée ou d'une atténuation stable ;*
- b. *L'étude des mécanismes de stabilité et de viabilité des virus en aérosol ;*
- c. *L'étude du tropisme tissulaire des virus, en particulier du neurotropisme ;*
- d. *L'évaluation de la portée épidémiologique de nouveaux virus, inconnus jusque-là, compte tenu des possibilités de l'épidémiologie moléculaire ;*
- e. *L'étude de la transmissibilité des virus dans les conditions naturelles et expérimentales ;*
- f. *Le clonage de l'ADN provenant de microorganismes pathogènes, en particulier de gènes codant la synthèse de toxines dangereuses, et aussi de gènes de*

---

<sup>277</sup> Id.

<sup>278</sup> Document de base sur les innovations scientifiques et technologiques ayant 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, Additif, BWC/CONF.III/4/Add.1, 10 septembre 1991.

- résistance aux antibiotiques, avec leur introduction subséquente dans des souches pathogènes ne possédant pas auparavant de tels gènes ;*
- g. Le clonage de l'ADN dans des microorganismes naturels ;*
  - h. La construction de souches superproductrices de peptides à activité physiologique très élevée ;*
  - i. L'étude de vecteurs eucaryotes, capables de se multiplier en dehors d'installations de laboratoire ;*
  - j. Des expériences à la suite desquelles on peut induire dans des cellules des fonctions dangereuses habituellement réprimées d'un matériel génétique, d'un vecteur ou d'une cellule propriétaire allogènes ».*

Le clonage d'ADN issus de microorganismes pathogènes ou le transfert sont considérés comme étant les plus grands dangers biologiques.

Le document inclut une présentation synthétique de travaux de recherche particulièrement intéressants pour l'examen de l'impact des avancées scientifiques et technologiques sur la Convention. Ils portent en particulier sur la génétique moléculaire des facteurs de pathogénicité, les agents de maladies infectieuses, les toxines, mais aussi l'aérobiologie et l'entomologie médicale.

En conclusion, il n'a pas été identifié de nouveaux agents qui représenteraient un risque s'ils étaient détournés dans le cadre d'un programme offensif. Si les possibilités de créer des agents modifiés génétiquement ont augmenté, il n'est pas évident que l'efficacité de tels agents dépasserait celle d'agents naturels. Il est par ailleurs souligné que « *le système de critères permettant de déterminer l'orientation spécifique de tel ou tel travail de recherche en biologie moléculaire et en biotechnologies et ses rapports avec les domaines régis par la Convention reste insuffisamment développé* ». Il est donc considéré comme « *opportun* » de développer un tel système et de définir des principes et procédures de vérification de la Convention.

Un certain nombre d'autres États parties ont également transmis leurs observations :

➔ Le rapport australien met en avant les avancées dans les domaines de la médecine et de l'agriculture grâce aux biotechnologies, en particulier en matière de production, collecte et conservation de microorganismes et cellules animales et végétales<sup>279</sup>.

Les avancées en matière de technologies de fermentation permettent de simplifier la production et de réduire les coûts de produits cellulaires tels que protéines ou virus. Le développement de nouvelles méthodes de culture de cellules animales présente par ailleurs un intérêt pour la production de substances biologiques complexes, comme par exemple des hormones et des anticorps, car elles ne peuvent être obtenues par fermentation bactérienne, même avec l'apport du génie génétique. Elles doivent donc être produites dans des cellules animales. Les virus ont besoin d'un hôte et sont obtenus

---

<sup>279</sup> Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction, BWC/CONF.III/4, 26 août 1991.

sur culture cellulaire. La production de vaccins à grande échelle nécessite de produire des quantités de virus suffisantes et ces techniques permettent de simplifier la production et d'obtenir des rendements élevés sur des sites de production relativement petits.

L'amélioration des méthodes de dissémination de pesticides biologiques, de même que la microencapsulation des agents pour empêcher leur inactivation par contact avec l'air, par les UV ou la dessiccation, peuvent concourir à la fois à un programme biologique ou à la lutte contre les nuisibles par les pesticides.

Le génie génétique rend désormais possible la production à grande échelle de toxines et les avancées en matière de techniques de fermentation permettent que celle-ci se fasse sur des sites de production relativement petits. Le rapport rappelle également la possibilité de modifier des agents biologiques, par exemple en induisant des résistances aux antibiotiques, mais précise pareillement que l'insertion de nouveaux gènes risque d'avoir un impact sur la survie de ces agents, qu'il n'est pas possible de garantir que les nouveaux gènes vont être exprimés ou qu'il ne va pas y avoir de mutations, et qu'il n'est pas aisé de tester de nouveaux organismes.

➔ Le Canada a transmis un document centré sur les nouvelles toxines et les biorégulateurs (« *Novel toxins and Bioregulators : the Emerging Scientific and Technological Issues Relating to Verification and the Biological and Toxin Weapons Convention* »)<sup>280</sup>.

➔ Comme lors des deux précédentes préparations de Conférences d'examen, la *Suède* a contribué à cet exercice d'évaluation des avancées scientifiques et technologiques<sup>281</sup>. L'importance des progrès dans le domaine des biotechnologies et de la biologie moléculaire est encore rappelée. Des projets qui semblaient ne pas pouvoir réussir apparaissent désormais envisageables, comme par exemple le séquençage du génome humain dans le cadre du *Human Genome Project*. Toutes ces connaissances acquises grâce à la biologie moléculaire sur les mécanismes de virulence et d'infection, le système immunitaire ou sur le génome humain, peuvent être exploitées dans le domaine des armes biologiques et à toxines. Parmi les avancées, on peut citer celles dans le domaine du génie génétique et celles concernant les anticorps catalytiques, les vaccins recombinants ou encore les techniques de microencapsulation.

Les domaines de la détection et de l'identification ont également connu des évolutions notables, avec en particulier l'utilisation des anticorps monoclonaux et la technique de la PCR (*Polymerase Chain Reaction*), celle-ci représentant une innovation majeure.

Au cours de cette période de cinq ans, quatre catégories d'antibiotiques, incluant les fluoroquinolones, et un grand nombre de molécules antivirales, dont l'aciclovir et la ribavirine, ont été mises sur le marché. La modélisation par ordinateur de molécules est

---

<sup>280</sup> Id.

<sup>281</sup> Id.

présentée comme un moyen d'arriver à l'avenir à développer de nouvelles substances pharmaceutiques.

Du point de vue des grandes tendances, il faut noter que les biotechnologies ont désormais des applications commerciales, avec de grandes compagnies multinationales (biotechnologies, industrie pharmaceutique) mettant en œuvre ces techniques. Le volume de R&D a augmenté, la plupart des pays ayant d'ailleurs des programmes de R&D dans ce domaine ou étant en train de le faire. Le délai entre la phase de recherche et les applications industrielles se raccourcit. La frontière entre recherche offensive et recherche défensive est devenue plus floue.

Malgré ces évolutions, ce rapport conclut toutefois comme le précédent que l'article I couvre ces développements, même si le nombre d'agents biologiques, de toxines ou d'autres substances biochimiques a augmenté, de même que la possibilité de créer ou de modifier des agents.

→ Le document suisse met comme les autres l'accent sur la biotechnologie et le génie génétique, en particulier sur les techniques de recombinaison de l'ADN et les anticorps monoclonaux, sources d'acquisition de connaissances mais aussi de préoccupations<sup>282</sup>. Il remet en perspective les enjeux, rappelant que les armes biologiques étaient considérées au début des années 1970 comme incontrôlables, ayant une efficacité imprévisible et étant difficiles à produire en grande série, ce qui en faisait des armes ayant un intérêt limité d'un point de vue militaire. Les techniques de recombinaison de l'ADN permettent de dépasser ces inconvénients.

Les avancées dans le domaine du génie génétique et de la biologie moléculaire depuis la dernière Conférence d'examen facilitent la création d'organismes ou de cellules altérés. Les méthodes de séquençage de l'ADN et de clonage permettent de créer de nouveaux agents pathogènes dotés de facteurs de résistance et de virulence qu'ils ne possèdent normalement pas, ou encore de produire à grande échelle des produits biochimiques ou des toxines. Grâce à la PCR, qui permet d'identifier plus facilement des séquences d'ADN, des scientifiques ayant moins d'expérience en biologie moléculaire peuvent accéder à l'analyse des gènes.

La biotechnologie et le génie génétique permettent de produire rapidement, en quantités plus élevées et à bas coût des protéines toxiques, dans un contexte où les toxines sont de plus en plus utilisées pour la recherche médicale et à des fins thérapeutiques. De ce fait, la question de la stabilité lors du stockage ne se pose plus de la même façon si l'on considère une utilisation de toxines comme agents de guerre.

Outre la contribution potentielle à un programme biologique offensif, ces progrès permettent de façon concomitante d'améliorer les moyens de protection, comme par

---

<sup>282</sup> Document de base sur les innovations scientifiques et technologiques ayant 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, Additif, BWC/CONF.III/4/Add.1, 10 septembre 1991.

exemple les vaccins ou peut-être l'utilisation de fragments d'anticorps monoclonaux afin d'obtenir une immunisation passive.

Ces développements relèvent toujours du domaine d'application de la Convention. Mais il faut garder à l'esprit que de telles armes peuvent être fabriquées secrètement puis stockées dans des installations de petites dimensions. Enfin, le document souligne bien que les méthodes de génétique et la biotechnologie sont appelées à devenir accessibles à des scientifiques moins expérimentés et que leur usage se généralisera. Cela implique donc de « *renforcer les mesures propres à accroître la confiance* ».

La **Tchécoslovaquie** et le **Danemark** n'apportent pas d'informations sur les avancées scientifiques et techniques, mais soulignent respectivement l'importance accordée au suivi des développements dans les domaines de la biologie moléculaire, des biotechnologies et de leurs applications à des fins de guerre biologique, et le fait que la rédaction de l'article I semble prendre en compte les substances qui pourraient résulter de l'exploitation des biotechnologies à des fins militaires<sup>283</sup>.

#### DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS AU COURS DE LA CONFÉRENCE D'EXAMEN ET LORS DE LA CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

La **Bulgarie**, le **Royaume-Uni**, et l'**Inde** ont transmis des propositions de formulations permettant de réaffirmer que tous les développements scientifiques et technologiques relèvent bien de la Convention<sup>284</sup>. Celle de l'Inde mentionne plus précisément les inquiétudes qui concernent, entre autres, les domaines de la microbiologie, du génie génétique et des biotechnologies (ce paragraphe est repris dans la proposition du président de la Conférence d'examen concernant l'article I).

Les propositions de la Bulgarie et de l'Inde suggèrent d'introduire des précisions sur les agents biologiques et toxines couverts par la Convention, rappelant que la CIAB s'applique en effet sans équivoque à tous les microbes ou autres agents biologiques ou toxines quelles que soient leur origine ou la méthode de production :

➡ « *Consequently, toxins (both proteanatiuous and non-proteanatiuous) of microbial, animal or vegetable nature or their synthetically produced analogues are covered by Article I* » (Inde) ;

➡ « *All biologically-produced chemical substances, regardless of their origin and way of production, and in quantities that cannot be justified by arguments for purported production for prophylactic, protective or other peaceful goals, are to be included in the notion "Other biologic agents and toxins". The same should also be valid for all other toxins be they of proteinic or non-proteinic, microbic, animal or vegetal origin, and their synthetically obtained analogues* » (Bulgarie).

---

<sup>283</sup> Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction, BWC/CONF.III/4, 26 août 1991

<sup>284</sup> Report of the Committee of the Whole, Annex I., BWC/CONF.III/17, pp. 11-14, 24 septembre 1991.

Celle d'un groupe composé du **Pérou, du Chili, du Panama et du Venezuela** comprend également des précisions, et en particulier :

➔ « *The Conference should reaffirm that the creation, by any means, of biological agents and toxins with altered properties that might increase their usefulness as weapons agents is not justified under the BW Convention for any military purpose.*

*The Conference should reaffirm that all biologically produced chemicals, whatever their origins or method of production, of types and in quantities not justified for prophylactic, protective and other peaceful purposes are covered by the BW Convention [...]* » (ce deuxième paragraphe est repris dans la proposition du président de la Conférence d'examen concernant l'article I).

Lors des discussions sur l'article I au cours de la Conférence plénière, il est apparu qu'une partie des délégations considérait que la portée de cet article permettait de prendre en compte les avancées scientifiques et techniques, d'autres étant d'avis que, au vu des progrès observés dans les domaines des biotechnologies et du génie génétique, il fallait élargir la portée de la Convention. Plusieurs délégations, dont celle de l'URSS<sup>285</sup>, ont suggéré que soient revues les définitions d'agents, toxines et équipements pertinents pour la CIAB<sup>286</sup>.

Concernant l'article XII, le Chili, le Panama, le Venezuela et le Pérou ont soumis une proposition sur l'organisation de Conférences d'examen au moins tous les cinq ans. La Bulgarie propose une liste de thématiques qui devraient être explorées, incluant l'impact des développements scientifiques et technologiques pertinents pour la Convention.

L'examen de l'article XII a permis de mettre l'accent sur l'importance de ces Conférences d'examen, dans un contexte où le rythme de ces développements s'est « *considérablement accéléré* ». Cet état de fait a conduit à suggérer qu'il faudrait décider que ces Conférences d'examen deviennent régulières et soient organisées au moins tous les cinq ans<sup>287</sup>.

### **DÉCLARATION FINALE**

L'importance de l'article I est notée et les engagements des États parties réaffirmés. Cet article s'applique aux développements scientifiques et technologiques et les principaux domaines des sciences de la vie qui font l'objet d'avancées significatives au regard des objectifs et dispositions de la Convention sont cités :

*« La Conférence, consciente des appréhensions suscitées par les développements scientifiques et technologiques pertinents, notamment dans les domaines de la microbiologie, du génie génétique et de la biotechnologie, et des possibilités de*

---

<sup>285</sup> Proposition pour l'article I annexée au rapport de la Conférence plénière : « *The Conference believes that an effort should be made to elaborate definitions of the subjects of prohibitions as well as lists and appropriate threshold values of the agents, facilities and equipment that may be used for the BW purposes. This would be useful for clarifying the borderlines between the prohibited and non-prohibited activities under the Convention* ».

<sup>286</sup> *Report of the Committee of the Whole, BWC/CONF.III/17*, 24 septembre 1991.

<sup>287</sup> Id.



*leur emploi à des fins incompatibles avec les objectifs et les dispositions, réaffirme que l'engagement pris par les États parties à l'article premier s'applique à tous ces développements. La Conférence réaffirme aussi que la Convention vise sans équivoque tous les agents microbiens ou autres agents biologiques ou toxines, créés ou altérés naturellement ou artificiellement, quelle que soit leur origine ou leur méthode de production »<sup>288</sup>.*

Il est par ailleurs décidé, concernant l'article XII, qu'il y aura une Conférence d'examen devant se tenir au plus tard en 1996 et que parmi les sujets qui devront être examinés figurera « *les conséquences des réalisations scientifiques et techniques ayant un rapport avec la Convention* ».

*Remarque* : La Troisième conférence d'examen instaura en 1991 un Groupe spécial d'experts gouvernementaux (VEREX), afin de « *définir et étudier du point de vue scientifique et technique les mesures de vérification qui pourraient être prises* ». Après quatre réunions, le Groupe produisit un rapport fin 1993, identifiant et évaluant une vingtaine de mesures de vérification envisageables. Il conclut que celles-ci pourraient contribuer à des degrés divers à accroître la transparence et ainsi renforcer la confiance entre les États parties. La Conférence spéciale organisée en 1994 afin d'étudier les conclusions du rapport VEREX établit alors le Groupe *Ad hoc*, avec pour mandat « *d'examiner des mesures appropriées, y compris des mesures de vérification possibles, et de formuler des propositions tendant à renforcer l'application de la Convention en vue de leur incorporation, selon qu'il conviendra, dans un instrument juridique contraignant qui sera soumis aux États parties pour examen* ». Les négociations, difficiles, se déroulèrent de 1995 à 2001. En 2001, le président du Groupe proposa un « *texte composite* », compromis entre les positions des délégations impliquées. Les négociations échouèrent cependant juste avant la Cinquième conférence d'examen, la question relevant dès lors du tabou.

## **QUATRIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 1996**

*Remarque* : une partie des documents n'est pas accessible, notamment les déclarations officielles par les États parties.

### **ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

La formulation diffère légèrement mais le processus reste similaire, puisque le Comité préparatoire enjoint tous les États parties qui le souhaitent, « *incluant les gouvernements dépositaires* », à soumettre au Secrétariat des informations sur les développements scientifiques et technologiques.

---

<sup>288</sup> Déclaration finale, Partie II., BWC/CONF.III/23, 27 September 1991.

Sept États parties ont soumis des rapports ou une observation sur les avancées scientifiques et technologiques, la **Finlande** précisant seulement qu'elle n'a aucune innovation scientifique ou technologique à signaler<sup>289</sup> :

➔ Le document soumis par la **Suisse** revient sur l'accumulation des connaissances sur les principes fondamentaux de la vie, ainsi que sur les avancées dans les domaines des biotechnologies et du génie génétique, déjà identifiées au cours des processus d'examen précédents mais se généralisant. Il cite par ailleurs les nouvelles avancées en ce qui concerne les capacités de bioproduction, notamment avec les bioréacteurs assistés par ordinateurs à systèmes de flux continus et biocapteurs intégrés.

La technique de polymérisation en chaîne (PCR) est présentée comme l'un des outils les plus puissants permettant d'identifier, caractériser et analyser le matériel génétique. Les techniques améliorées de recombinaison de l'ADN permettent de caractériser, isoler et transférer des facteurs génétiques présentant de l'intérêt du point de vue de la guerre biologique, comme par exemple des toxines ou des facteurs de résistance et de virulence. La biotechnologie et le génie génétique permettent de disposer de méthodes donnant la possibilité de produire rapidement, en grande série et à bas prix des toxines. Ils contribuent à l'inverse également à la recherche sur les moyens de protection. Les méthodes de recombinaison de l'ADN sont ainsi utilisées pour développer de nouveaux vaccins.

Le champ de l'article I s'étend aux développements scientifiques et technologiques. Cependant, alors qu'il était considéré que les armes biologiques présentaient peu d'intérêt militaire, les agents étant difficilement contrôlables, difficiles à produire et que leur efficacité était imprévisible, les scientifiques estiment désormais que les techniques de recombinaison de l'ADN permettent de pallier les caractéristiques indésirables. Le document note de plus que les micro-organismes manipulés génétiquement, les virus inconnus, les toxines biologiques, les biorégulateurs et les produits biochimiques prendront à l'avenir une importance grandissante en tant qu'agents potentiels de guerre biologique.

➔ Le document du **Royaume-Uni** suit toujours la structure des rapports précédents, étudiant les principales avancées survenues depuis la dernière Conférence d'examen, mais aussi considérant les incidences éventuelles sur les travaux du Groupe spécial (VEREX).

Il y a eu un accroissement des applications de la biotechnologie, intégrant les connaissances et techniques de domaines tels que par exemple la microbiologie, la biochimie, la biologie moléculaire, la biologie cellulaire, l'immunologie, le génie protéique, la reproduction classique, la technologie du traitement par voie biologique. De même, l'étude de la génétique et les applications des techniques de modification génétique se sont développées au cours des cinq dernières années. Le document souligne également le rôle de l'explosion de l'information issue d'internet.

---

<sup>289</sup> 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, BWC/CONF.IV/4, 30 octobre 1996 ; BWC/CONF.IV/4/Add.1, 21 novembre 1996 ; BWC/CONF.IV/4/Add.2, 25 novembre 1996.

Un certain nombre de techniques et principes de détection sont cités : la potentiométrie, la chimioluminescence, la fluorescence, la dispersion optique laser dans la cytométrie de flux, ou encore la spectrométrie de masse avec pyrolyse et arrosage électrique. Les applications à la recherche des techniques de diagnostic microbiologique spécifique, fondées sur les techniques de l'amplification en chaîne par polymérase se sont multipliées. Par ailleurs, il y a également développement d'autres méthodes d'amplification de l'acide nucléique.

Le document revient sur le séquençage du génome humain et la possibilité d'exécuter automatiquement le séquençage à grand volume de l'ADN. La technique de la PCR a révolutionné la biologie moléculaire, outil exploité dans le clonage, la manipulation de séquences d'ADN naturel ou la création de nouveaux fragments. Combinée à des réactions chimiques, elle peut par ailleurs permettre d'obtenir des fragments plus longs. Cette évolution signifie qu'il devient possible de procéder au clonage de gènes, par exemple de toxines, sans devoir utiliser l'organisme naturel comme source génétique.

Les progrès en matière de modification génétique sont rappelés. Parmi les nouvelles techniques figure la méthode de visualisation des phages. Ces techniques de modification génétique peuvent par exemple permettre d'augmenter le rendement dans un milieu de culture de la production de toxines bactériennes existant à l'état naturel, tandis que l'expression dans un organisme différent permet de diminuer les problèmes de purification. Un autre point concerne les vecteurs viraux qui pourraient être exploités dans la conception de thérapies géniques. Enfin, il est indiqué que des virus-chimères, produit par recombinaison génétique grâce à l'amélioration des connaissances sur la virulence des virus par le biais du séquençage de génomes entiers, pourraient peut-être permettre de contourner l'immunité et les systèmes de dépistage spécifiques.

Un point est consacré aux vaccins, rappelant toutefois que les vaccins recombinants protègent moins bien que les vaccins traditionnels. Des vaccins administrés par voie orale ou nasale ont été mis au point. Par ailleurs, l'emploi de vaccins à ADN, dont l'usage s'est répandu depuis la dernière Conférence d'examen, est considéré comme une nouveauté importante. Ces développements s'accompagnent d'une évolution en ce qui concerne les processus de fermentation, avec notamment la diminution de la taille des fermenteurs nécessaires à la production.

En ce qui concerne la microbiologie industrielle, le document note une tendance à choisir des organismes hôtes « utilitaires » (organismes type dans lesquels on insère le matériel génétique) pour les applications des modifications génétiques industrielles. Il mentionne également l'utilisation de microorganismes dans les processus de biotransformation, ainsi que le recours croissant au génie chimique de haut niveau dans les processus de fermentation.

Les tendances concernant les maladies infectieuses et leur traitement sont mises en lumière, rappelant que plusieurs maladies virales humaines avaient été identifiées. L'apparition de l'encéphalite spongiforme bovine est également citée.

L'emploi de pesticides microbiens, pour lutter contre les nuisibles, fait également l'objet d'un point dans le document.

Le Royaume-Uni conclut qu'il n'y a pas eu de saut technologique depuis la dernière Conférence d'examen, mais indique, comme à chaque examen, un accroissement des possibilités de production à grande échelle d'agents biologiques qui pourraient présenter un intérêt militaire ainsi qu'une augmentation des possibilités techniques permettant de modifier un agent.

➔ Pour les **États-Unis**, les avancées les plus marquantes ont été enregistrées dans les branches de l'analyse, contribuant à la détection et à l'identification rapides, et de la vaccinologie, avec les vaccins ADN. Les techniques de détection comprennent notamment la détection par sonde à ADN, les biocapteurs, les tests sur bandelette et chromatographiques et l'électroluminescence.

La biotechnologie permet d'obtenir des microorganismes modifiés. Les avancées permettant une production et une fabrication plus simple et plus rapide doivent également être considérées, avec notamment les fermenteurs à flux continu, la technologie des fibres creuses et la culture de cellules de mammifères. Les banques de phages et le développement de réseaux d'information représentent par ailleurs deux autres percées technologiques. Le document d'information comprend également un paragraphe sur le Sida et sur Ébola.

Si les États-Unis concluent que l'article I couvre tous ces développements, ils soulignent que ces avancées technologiques compliquent largement la détermination du respect des dispositions de la Convention.

➔ La **Suède** conclut comme précédemment que l'article I est suffisamment complet et couvre les développements en cours. En plus des avancées concernant les biotechnologies et les modifications génétiques, elle mentionne plus particulièrement les progrès de la biologie moléculaire et la thérapie génique. Les mécanismes moléculaires des infections microbiennes, les systèmes de virulence et les virus pathogènes sont mieux connus. Les nouvelles avancées concernant la pathologie moléculaire des maladies, l'identification de nouveaux gènes par le Programme sur le génome humain et la recherche sur la thérapie génique, le génie protéique, ou encore la pharmacogénétique contribuent au développement de nouvelles stratégies thérapeutiques. Il est de plus mentionné dans la conclusion que l'effet du polymorphisme sur le développement de nouveaux agents thérapeutiques pourrait devenir sources de préoccupations, à cause des variations ethniques, et qu'il serait bon d'étudier cette problématique. Enfin deux domaines d'études sont particulièrement préoccupants : les études sur la survie des micro-organismes dans l'environnement, avec les micro-organismes génétiquement modifiés, et celles sur l'état dit viable mais non cultivable de nombreuses bactéries, qui peut empêcher la détection par des méthodes conventionnelles en laboratoire.

Par ailleurs, les avancées technologiques associées à l'industrie des biotechnologies ont rendu possible la production de grandes quantités de micro-organismes ou produits

biologiques dans des installations de taille réduite, avec par exemple l'introduction des fermenteurs à flux continu avec contrôle du débit massique et les méthodes d'ultrafiltration compacte. Enfin le rapport revient sur la mise au point de nouveaux agents bactériens et viraux, ainsi que sur l'apport de la biotechnologie pour le développement de vaccins, ainsi que sur les progrès en matière de détection, identification et diagnostic.

➔ L'**Allemagne** revient sur les progrès effectués dans le domaine de la protection, notamment en ce qui concerne la détection et l'identification.

➔ **Cuba** liste, par centre de recherche, les principales avancées réalisées au cours des 25 dernières années dans le domaine de la microbiologie dans les branches de la biomédecine, de la biotechnologie, de la médecine vétérinaire et de l'action phytosanitaire.

### DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS AU COURS DE LA CONFÉRENCE D'EXAMEN ET LORS DE LA CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

Le **Chili** et les **États-Unis** ont transmis des propositions de formulations permettant de réaffirmer que tous les développements scientifiques et technologiques relèvent bien de la Convention et que la CIAB s'applique sans équivoque à tous les microbes ou autres agents biologiques ou toxines quelles que soient leur origine ou la méthode de production<sup>290</sup>. Les domaines de la microbiologie, du génie génétique et des biotechnologies avaient déjà été identifiés dans la déclaration finale de la précédente. Le Chili propose de compléter pour le génie génétique, « *y compris toutes les réalisations ayant un rapport avec le génome humain et les applications présentes et futures de tels travaux* » et de préciser que la Convention s'applique sans équivoque aux : « *agents microbiologiques ou agents biologiques et toxines, qu'ils soient produits ou modifiés naturellement ou artificiellement et quels qu'en soient l'origine ou le mode de production, ainsi qu'aux produits et composants chimiques d'organismes vivants, aux produits et composants analogues et à leurs dérivés modifiés, qu'ils soient obtenus par isolation, synthèse ou clonage ou encore par une combinaison de ces procédés, qui sont à même d'avoir des effets physiologiques défavorables* ».

Comme précédemment, la Suède a fait une proposition de formulation concernant l'article XII.

Par ailleurs, les intervenants ont réaffirmé au cours des débats que l'article I s'appliquait à toutes les réalisations scientifiques et techniques éventuelles.

### DÉCLARATION FINALE

Comme dans la déclaration finale de la troisième Conférence d'examen, l'importance de l'article I est notée et les engagements des États parties réaffirmés. En plus de la microbiologie, de la biotechnologie et du génie génétique, sont cités parmi les développements

---

<sup>290</sup> Document final, BWC/CONF.4/9, 6 décembre 1996.

scientifiques et technologiques pertinents la biologie moléculaire et toutes les applications issues d'études sur le génome<sup>291</sup>.

Par ailleurs, la Conférence décide que la cinquième Conférence d'examen se penchera, entre autres, sur les conséquences des réalisations scientifiques et techniques ayant un rapport avec la Convention.

## **CINQUIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 2001-2002**

### **ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

Comme précédemment, le Comité préparatoire a demandé aux États parties qui le souhaitent, y compris les États dépositaires, de soumettre des informations relatives aux développements scientifiques et techniques ayant une incidence pour la Convention, en prenant en compte leurs applications et le rapport avec la CIAB<sup>292</sup>.

### **INFORMATIONS TRANSMISES PAR LES ÉTATS PARTIES AU SECRÉTARIAT**

➔ Les *États-Unis* soulignent dans leur rapport les importants progrès survenus depuis la précédente Conférence d'examen dans le domaine des sciences de la vie, en particulier en ce qui concerne les modifications génétiques, de la génomique, de la protéomique, de la bioinformatique, du développement des vaccins, des agents utilisés pour la lutte biologique et de la biorestauration<sup>293</sup>. Ces avancées ont été rendues possibles grâce au progrès accomplis dans d'autres disciplines telles que la physique, la chimie, les sciences computationnelles, les sciences des matériaux et les sciences des ingénieurs, dans un contexte caractérisé par des efforts collaboratifs internationaux à grande échelle. L'accès aisé à de grandes quantités d'informations génétiques et les capacités de manipuler ces informations à des fins pacifiques ou malveillantes s'avèrent à la fois source de promesses et d'inquiétudes.

Les avancées observées devraient contribuer à renforcer la Convention, par l'amélioration des moyens de protection et de prophylaxie. Les progrès en matière de protéomique, vaccinologie et bioinformatique, avec le développement d'applications industrielles, pourraient également à terme conduire à limiter l'intérêt à disposer de capacités de production d'agents pathogènes à grande échelle, rendant ainsi plus difficile le camouflage d'activités illicites sous couvert d'activités commerciales.

Enfin, il est noté que l'agroterrorisme pourrait représenter un moyen de guerre économique.

---

<sup>291</sup> Déclaration finale, BWC/CONF.IV/2, 6 décembre 1996.

<sup>292</sup> *Report of the Preparation Committee for the Fifth Review Conference of the Parties to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction*, BWC/CONF.V/PC/1, 1 mai 2001.

<sup>293</sup> *Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction*, BWC/CONF.V/4, 14 septembre 2001.



Malgré ces évolutions, le rapport conclut néanmoins que ces développements scientifiques et technologiques sont pris en compte par l'article I de la Convention.

➔ Comme précédemment, le Royaume-Uni passe en revue les différents domaines pertinents au regard des objectifs de la Convention, en mettant en lumière des avancées qui pourraient avoir un impact pour celle-ci<sup>294</sup> : le projet Génome Humain, la thérapie génique, la virulence et la pathogénicité, la protéomique et la génomique, la bioinformatique, les vaccins et les nouvelles thérapies, l'expression de protéines recombinantes, les toxines et autres molécules bioactives, les technologies de détection et d'identification, les connaissances sur les maladies infectieuses humaines, la destruction de la variole, les résistances aux médicaments, les maladies affectant l'agriculture et les moyens de lutte contre les nuisibles, les initiatives mondiales en matière de lutte contre les maladies, les applications de la biologie moléculaire et les cultures, les tendances en matière de technologies de production de protéines, les activités dans le cadre de la Convention sur la biodiversité en ce qui concerne la coopération internationale et la sécurité biologique, les moyens de dissémination des agents ou toxines, l'emploi de pathogènes dans le contrôle des mauvaises herbes et cultures liées à la criminalité, et la biorestauration et la destruction de matériels. Parmi les avancées envisagées, le rapport insiste en particulier sur les progrès accomplis dans le domaine de la génétique, de la protéomique et de la bioinformatique. Il note également que les possibilités d'utiliser des toxines et des biorégulateurs peptidiques ont augmenté de manière significative depuis la dernière Conférence d'examen.

La dissémination des connaissances liées à la microbiologie fait partie des facteurs contribuant à l'augmentation de la menace, incluant celle liée aux acteurs non-étatiques. Par ailleurs, le risque pour les développements liés aux organismes génétiquement modifiés, à la fois dans les pays développés et en voie de développement, d'avoir des conséquences imprévisibles, ce qui implique la nécessité de procéder à des analyses de risque et de mettre en œuvre des mesures de confinement adaptées.

Le rapport envisage également la lutte contre la menace biologique d'origine terroriste et l'impact de l'entrée en vigueur de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques.

Le rythme des évolutions depuis la quatrième Conférence d'examen s'est avéré plus important que ce qui avait été précédemment observé, ce qui a conduit le Royaume-Uni à suggérer la possibilité d'établir un mécanisme permettant d'évaluer les avancées scientifiques et technologiques et leurs implications de manière plus fréquente.

➔ La Bulgarie a transmis des informations sur ses centres de recherche et les travaux en cours<sup>295</sup>.

---

<sup>294</sup> *Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction, BWC/CONF.V/4/Add.1, 26 octobre 2001.*

<sup>295</sup> *Background document on new scientific and technological developments relevant to the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxins weapons and on their destruction, BWC/CONF.V/4, 14 septembre 2001.*

➔ Rappelant que depuis les années 1920 des recherches en matière de guerre biologique contre les cultures ont été entreprises dans le cadre de programmes offensifs, *l’Afrique du Sud* a soumis un document entièrement axé sur la menace biologique contre les plantes<sup>296</sup>. Les agents de contrôle biologique et les inoculants, comme les sites de production, pourraient être détournés afin de produire des armes biologiques. De plus, la recherche génétique ouvre de nouvelles perspectives en matière de modifications des micro-organismes retrouvés dans les inoculants, ceux-ci pouvant par ailleurs être dispersés par aérosol. Quant aux agents biologiques de contrôle, la distinction entre usage pacifique et emploi comme armes biologiques n’est pas si évidente, étant donné la nature duale de ces agents.

➔ Dans *le rapport suédois*<sup>297</sup>, l’accent continue à être mis sur les développements et innovations dans le domaine des biotechnologies. Ils sont à la fois source de préoccupation mais aussi de contribution potentielle au respect des obligations dans le cadre de la Convention.

Il développe plus particulièrement les avancées en matière de :

- a. Génomique, protéomique et traitement des maladies ;
- b. Vaccins, dont le développement est facilité par la biologie moléculaire ;
- c. Microbiologie et production industrielles. Au cours de la période depuis la dernière Conférence d’examen, les biotechnologies ont permis des avancées dans le traitement de maladies rares, ainsi que pour la production à grande échelle de substances biologiques actives sur des sites de production relativement petits. L’industrie pharmaceutique poursuit des recherches sur les méthodes pour la stabilisation de substances comme des toxines, des régulateurs du système immunitaire et des biorégulateurs pour l’administration par aérosol ou par voie orale. Celles-ci pourraient contribuer à faire augmenter les risques ;
- d. Identification d’agents responsables de maladies, avec le développement de méthodes d’identification par analyse de l’ADN. Cela a permis d’améliorer des traitements prophylactiques et curatifs.

### DÉCLARATIONS NATIONALES AU DÉBUT DE LA CONFÉRENCE D’EXAMEN

L’importance de prendre, entre autres, en compte les développements scientifiques et technologiques a été mentionnée dans les déclarations nationales d’un certain nombre d’États parties, incluant l’**Irak**, la **Suisse** et l’**Ukraine**. Ce point a été plus particulièrement développé dans les déclarations de deux États parties :

➔ La déclaration du représentant de *l’Afrique du Sud* a introduit le document de travail sur cette thématique, l’accent étant mis plus particulièrement sur la **menace contre les plantes**<sup>298</sup> ; elle n’est en effet pas assez prise en compte. Pourtant, des

---

<sup>296</sup> Id.

<sup>297</sup> Id.

<sup>298</sup> *Statement by Peter Goosen, Chief director: Peace and Security Department of Foreign Affairs, Pretoria, Genève, 19 novembre 2001.*

recherches ont été menées sur des agents biologiques pouvant s'attaquer aux récoltes, ainsi que sur des moyens de dispersion. Il existe par ailleurs des infrastructures qui ont des capacités de production dans ce domaine ;

➔ La déclaration du **Royaume-Uni**<sup>299</sup> insiste plus particulièrement sur les trois points clefs que sont les développements scientifiques et techniques, le respect des obligations et les futures mesures à adopter pour renforcer la CIAB. S'il n'était pas possible d'envisager qu'il y aurait de telles avancées scientifiques et technologiques quand la Convention a été rédigée, il faut désormais réfléchir aux moyens de la renforcer en intégrant cette dimension. Le critère de destination générale qui permet de prendre en compte tous ces développements doit être réaffirmé.

Le Royaume-Uni suggère d'établir un mécanisme permettant d'étudier avec le « niveau d'expertise nécessaire » les implications de ces développements et ceci plus fréquemment qu'une fois tous les cinq ans. Parmi les propositions en conclusion, figure ainsi la **création d'un comité consultatif scientifique** qui serait chargé du suivi des développements scientifiques et technologiques. Ce comité apporterait aux États parties des informations concernant des thématiques qui pourraient avoir une incidence pour la Convention. Il pourrait également avoir pour rôle d'évaluer les demandes d'assistance en urgence en cas d'attaque biologique ou donner des avis sur la composition de stocks à utiliser en cas d'urgence. Le comité pourrait rassembler des experts gouvernementaux ou être ouvert, avec la possibilité que des experts académiques y participent. Les réunions pourraient être annuelles, voire plus fréquentes.

#### **DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS PARTIES PENDANT LA CONFÉRENCE D'EXAMEN**

Plusieurs États parties ont soumis des propositions de formulations portant sur les développements scientifiques et techniques. Concernant l'article I, les **États-Unis**, le **Chili**, et le **Mexique**<sup>300</sup> proposent ainsi de réaffirmer la portée de l'article I qui s'applique (« *entre autres* » stipulent les textes proposés par le Mexique et les États-Unis) à tous les développements dans le domaine de la microbiologie, des biotechnologies, de la biologie moléculaire (non citée dans la proposition chilienne), de l'ingénierie génétique et de toutes les applications résultant des études sur le génome.

---

<sup>299</sup> *Statement by Ambassador David Boucher, Permanent Representative of the United Kingdom to the Fifth Review Conference of the Biological and Toxin Weapons Convention, Genève, 20 novembre 2001.*

<sup>300</sup> BWC/CONF.V/COW/WP.17, 26 novembre 2001,  
BWC/CONF.V/COW/WP.20, 26 novembre 2001,  
BWC/CONF.V/COW/WP.29, 27 novembre 2001.

Un document de travail soumis par l'Union européenne propose par ailleurs que la Conférence demande aux États parties de créer un Comité scientifique consultatif, comme le souhaitent aussi le Royaume-Uni et le Japon<sup>301</sup>. L'Union européenne suggère également d'inviter les États parties à mener des activités de sensibilisation :

*« The Conference invites State Parties to support educational programmes in academia and NGO circles to raise awareness in professional courses for biologists, chemists and other relevant professional courses for biologists, chemists and other relevant professional categories, with the aim of establishing a norm in the profession against offensive CBW use. In particular the Conference invites State Parties to consider the possibility that professionals be required to take a pledge similar to the Hippocratic Oath »<sup>302</sup>.*

Concernant l'article XII, le document américain propose de préciser dans le texte sur l'examen de cet article que la sixième Conférence d'examen devra examiner, entre autres, « l'impact des développements scientifiques et technologiques se rapportant à la Convention ».

#### **ÉCHEC DES NÉGOCIATIONS SUR LE PROTOCOLE DE VÉRIFICATION ET AJOURNEMENT DE LA CONFÉRENCE D'EXAMEN**

L'une des principales lacunes de la CIAB reste l'absence de mécanisme de vérification. L'échec en juillet 2001 des négociations pour un Protocole de vérification – ce dernier étant jugé inacceptable par l'administration américaine – n'a pas permis d'y remédier. Un groupe spécial avait en effet été mis en place et des négociations initiées à partir de 1995. Plusieurs points se sont cependant avérés problématiques, en particulier la question de la définition de mesures suffisamment intrusives mais tenant également compte des impératifs des États en termes de sécurité nationale et de protection des secrets industriels, ainsi que la sélection des installations et activités à considérer.

L'année 2001 a également été marquée par l'ajournement, pour un an, de la cinquième Conférence d'examen (en novembre – décembre), les divergences n'ayant pas permis de rédiger une Déclaration finale. À la reprise de la Conférence en 2002, afin de sortir de cette impasse, le président de la Conférence proposa aux participants un projet de décision court et atypique, avec proposition d'un programme intersessionnel de réunions. Il a été inclus sans modification dans le rapport final. Plusieurs raisons permettent d'expliquer cet épisode, notamment l'échec des négociations précédentes, mais aussi le contexte, avec les bouleversements en termes de stratégie de sécurité internationale induits par les attaques terroristes aux États-Unis. De plus, le chef de la délégation américaine, John Bolton, accusa plusieurs pays de violer la Convention, sans pour autant apporter de preuves ou vouloir déclencher une procédure officielle, et tout en voulant faire figurer ce point dans la Déclaration finale.

---

<sup>301</sup> BWC/CONF.V/COW/WP.14, 26 novembre 2001.

<sup>302</sup> BWC/CONF.V/COW/WP.23, 27 novembre 2001.

## SIXIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 2006

### ORGANISATION DU PROCESSUS D'EXAMEN DES DÉVELOPPEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES ET INFORMATIONS TRANSMISES PAR LES ÉTATS PARTIES

Le Secrétariat de la conférence a préparé un document d'information sur les avancées scientifiques et technologiques observées depuis la cinquième Conférence d'examen, ce qui marque une différence avec les éditions précédentes<sup>303</sup>. Ce document insiste plus particulièrement sur les réalisations significatives dans les domaines identifiés lors des précédentes Conférences et l'évolution de disciplines nouvelles. Il identifie les domaines suivants :

- ⇒ **La biotechnologie**, incluant la prospection biologique, le criblage à haut débit et la micro-informatique biologique ;
- ⇒ **La génomique**, et plus particulièrement les techniques de séquençage, de synthèse, d'inactivation et de recombinaison aléatoire de l'ADN (« *DNA shuffling* »), et la médecine génomique ;
- ⇒ **La protéomique**, et notamment les réactifs de liaison à forte affinité ;
- ⇒ **La bio-informatique et la bioprogrammation** ;
- ⇒ **La biologie systémique**, avec principalement les avancées dans le domaine de la biorégulation, en particulier en neurobiologie et immunologie ;
- ⇒ **La découverte, la conception et l'administration ciblée des médicaments**, avec entre autres les avancées concernant la chimie combinatoire, la micro-encapsulation et l'obtention de produits pharmaceutiques par voie biologique (« *Biopharming* ») ;
- ⇒ **La biologie de synthèse et le génie biologique** ;
- ⇒ **La nanotechnologie** ;
- ⇒ Ainsi que la thérapie génique et le remaniement génétique des virus, les médicaments antiviraux, les techniques de dépistage et enfin la lutte biologique contre les ravageurs.

Dix pays ont soumis un rapport plus ou moins développé sur cette thématique, à savoir l'Argentine, l'Australie, la Chine (uniquement disponible en chinois), les États-Unis, la Fédération de Russie, la République tchèque, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, le Portugal et la Suède :

➔ Le **Royaume-Uni** a comme précédemment transmis un rapport particulièrement fourni, renvoyant cependant au précédent rapport pour la description des technologies<sup>304</sup>. Il continue d'estimer que la Convention couvre tous les agents biologiques et les toxines (ou parties), qu'elles soient d'origine naturelle ou artificielle. Les développe-

<sup>303</sup> Document d'information sur les progrès scientifiques et techniques récents ayant un rapport avec la Convention, BWC/CONF.VI/INF.4, 28 septembre 2006.

<sup>304</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by the United Kingdom, 2006.

ments scientifiques et technologiques sont également couverts. Par ailleurs, les avancées les plus récentes pourraient contribuer à la mise au point de mesures défensives. Il sera donc important d'assurer une évaluation périodique. Le Royaume-Uni réitère la position exprimée lors de la cinquième Conférence d'examen, à savoir qu'il faudrait des évaluations plus fréquentes, éventuellement annuelles.

Les domaines suivants sont développés dans cette note :

- ⇒ La génomique et la protéomique, avec en particulier les avancées en matière de séquençage, de protéomique comparative et concernant les recherches sur l'immunome. Plus largement, le développement de la bio-informatique a favorisé celui des « omiques », qui incluent aussi la métagénomique, la transcriptomique, l'épigénomique et la métabolomique ;
- ⇒ La biologie de synthèse ;
- ⇒ L'administration de molécules biologiquement actives, avec l'interférence par ARN et la thérapie génique ;
- ⇒ Les technologies permettant la production et l'expression de protéines, avec les progrès en matière de recombinaison de l'ADN et de purification, mais aussi le développement d'équipements jetables ;
- ⇒ Les connaissances sur les maladies infectieuses ;
- ⇒ L'étude des toxines et autres molécules biologiquement actives ;
- ⇒ Les technologies de détection et d'identification, incluant entre autres la détection par PCR (*Polymerase Chain Reaction*), les technologies impliquant l'emploi d'anticorps (avec notamment l'emploi de réactifs lyophilisés), l'emploi d'aptamères pour la reconnaissance, les biocapteurs optiques, la bioluminescence, les bandelettes réactives, etc. ;
- ⇒ Les nanotechnologies ;
- ⇒ Les développements concernant l'agriculture.

➔ Le document des **États-Unis** s'appuie sur les conclusions d'un chapitre d'un rapport de l'*Institute of Medicine and National Research Council*<sup>305, 306</sup>. Il identifie quatre grandes catégories de développements technologiques. Il s'agit des technologies visant à :

1. Créer ou acquérir des collections de molécules présentant une diversité plus grande que dans la nature, ainsi que des types de diversité n'existant pas forcément à l'état naturel ;
2. Obtenir délibérément une diversité moléculaire et biologique spécifique et prédéterminée ;
3. Contribuer à mieux connaître et manipuler des systèmes biologiques complexes ;

---

<sup>305</sup> « Advances in technology with relevance to biology: The future landscape », in: Institute of Medicine and National Research Council, *Globalization, Biosecurity and the Future of the Life Science*, Washington DC: The National Academies Press, 2006, pp. 103-158.

<sup>306</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by the United States, 2006.



4. Améliorer les capacités de production, de réingénierie et d'administration de produits biologiques ou d'origine biologique, avec une miniaturisation des procédés.

Le rythme des avancées dans les biotechnologies va continuer à accélérer. Les principaux développements identifiés portent sur :

- ⇒ L'acquisition d'une nouvelle diversité biologique ou moléculaire, avec les techniques de synthèse d'ADN, de recombinaison aléatoire de l'ADN, de prospection biologique, de chimie combinatoire et de criblage à haut débit ;
- ⇒ La conception dirigée, incluant notamment la conception rationnelle de médicaments, la biologie de synthèse et l'ingénierie génétique ;
- ⇒ La connaissance et la manipulation de systèmes biologiques, avec notamment les apports de la biologie systémique, la médecine génomique, l'interférence par ARN, l'emploi d'aptamères, la biologie computationnelle et la bio-informatique ;
- ⇒ La production, l'administration et la formulation, reposant entre autres sur des techniques d'obtention de produits pharmaceutiques par voie biologique, la microfluidique et la microfabrication, les nanotechnologies, la technologie des aérosols, la microencapsulation et la thérapie génique ;
- ⇒ La complémentarité et la synergie entre les technologies, avec la convergence entre les biotechnologies, les nanotechnologies et les technologies de l'information.

➔ La **Suède** rappelle que les développements liés aux modifications génétiques, à l'expression des gènes, ainsi qu'aux techniques de production et de dispersion font partie des évolutions suivies et évaluées par les États parties lors de l'examen de la portée de l'article I de la Convention. Il s'avère cependant également nécessaire de s'intéresser aux travaux relatifs à la conception des médicaments, l'administration ciblée de médicaments, la micro-encapsulation, la biologie de synthèse, la biologie systémique, ainsi qu'aux techniques d'aérosolisation et aux nanotechnologies<sup>307</sup>.

La note insiste plus particulièrement sur les biorégulateurs, l'emploi de grandes particules poreuses (LPP) pour l'administration de médicaments par voie pulmonaire, et surtout la prospection biologique permettant d'étudier la diversité chimique et biologique dans la nature. Différentes technologies sont exploitées pour cette prospection, incluant la bio-informatique, le criblage à haut débit et la biologie moléculaire.

---

<sup>307</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by Sweden, 2006.

➔ D'après la note soumise par la **Russie**, les méthodes scientifiques, études et travaux de recherche associés aux domaines de l'ingénierie génétique, des biotechnologies, de la toxicologie, de la biologie moléculaire, ainsi qu'à d'autres sciences s'y rapportant, pourraient contribuer à la mise au point d'une nouvelle génération d'armes biologiques<sup>308</sup>. Les développements scientifiques et technologiques pourraient permettre de :

1. Augmenter la virulence et la résistance aux antibiotiques des agents pathogènes ;
2. Modifier des agents pathogènes non transmissibles afin qu'ils deviennent transmissibles par aérosol ;
3. Créer d'autres organismes ou produits biologiques capables d'avoir une action sur les êtres humains et les écosystèmes.

L'analyse systématique de la littérature accessible en sources ouvertes (publications nationales et étrangères, informations sur les travaux de recherche fondamentale et appliquée) montre un intérêt pour le développement de contre-mesures médicales, renvoyant à la problématique du double usage. La note cite par ailleurs plusieurs projets ou domaines de recherche :

- ⇒ Le projet de séquençage du génome humain (*Human Genome Project*) dont les résultats pourraient contribuer à la conception d'« armes ethniques » ;
- ⇒ Les avancées concernant les nanotechnologies incluant les recherches sur les propriétés des nanoparticules et leurs mécanismes d'action ;
- ⇒ Les travaux qui pourraient contribuer au développement d'armes non létales, par exemple en allergologie, sur les biorégulateurs ou sur des agents responsables d'infections d'apparition lente tels que les prions.

La possibilité de développer des armes biologiques affectant directement le génome des êtres humains et des animaux en dehors de tout processus infectieux est également évoquée. Les symptômes pourraient survenir tout au long de la vie, être héréditaires et diminuer la viabilité de la lignée.

Dans ce contexte, la mise en place d'une réglementation, sous forme de consensus internationaux, permettant de limiter l'accès aux informations scientifiques qui pourraient directement contribuer à la création d'armes biologiques paraît une approche importante.

➔ Pour l'**Argentine**, les développements devant en priorité être considérés dans le cadre de la Convention incluent : la possibilité pour des micro-organismes pathogènes de contourner les défenses d'un hôte grâce à la recombinaison génétique, la possibilité de synthétiser des virus *in vitro* facilitée par l'accès à l'information et la possibilité de commander par internet du matériel biologique, la possibilité de modifier les propriétés des agents biologiques, ainsi que les développements dans les domaines des biotechnologies et des nanotechnologies. Il faut également prendre en compte les questions d'accès électronique à l'information, mais aussi aux matières et à l'équipement<sup>309</sup>.

---

<sup>308</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by the Russian Federation, 2006.

<sup>309</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by Argentina, 2006.

➔ L'**Australie** considère que l'essor des applications des techniques de la génétique moderne représente la principale évolution depuis l'entrée en vigueur de la Convention, celles-ci ayant permis des avancées dans des disciplines devant faire l'objet d'un suivi : la biologie de synthèse, la génomique, la protéomique et les nanotechnologies<sup>310</sup>.

Dans sa note, l'Australie liste un certain nombre de techniques ou de manipulations impliquant des techniques de la génétique moderne susceptibles de présenter un intérêt dans le cadre de la Convention, en rappelant que si beaucoup d'entre elles sont réalisables d'un point de vue théorique et ont même pu être effectuées, il ne faut néanmoins pas sous-estimer les défis techniques. Les objectifs suivants, posant la problématique du double usage, sont cités :

- ⇒ Rendre un vaccin inefficace ;
- ⇒ Créer des résistances aux antibiotiques ou aux antiviraux chez des organismes pathogènes ;
- ⇒ Accroître la transmissibilité d'un agent pathogène ;
- ⇒ Modifier le spectre d'hôtes, déjouer les méthodes de diagnostic et/ou de détection ;
- ⇒ Effectuer le séquençage génétique de pathogènes ;
- ⇒ Synthétiser des micro-organismes pathogènes ;
- ⇒ Produire à grande échelle des protéines, par des systèmes d'expression hétérologues (en association avec d'autres technologies de production) ;
- ⇒ Optimiser les procédés de production de vaccins vivants atténués.

Deux types d'expérimentations n'impliquant pas nécessairement l'emploi de techniques de la génétique moderne sont également identifiés : celles portant sur la militarisation d'un agent biologique ou d'une toxine et celles impliquant le virus de la variole.

➔ Les **Pays-Bas** rappellent que les techniques existantes ont été améliorées et de nouvelles techniques développées en matière de conception, production et administration d'agents pathogènes ou de toxines. La note néerlandaise répertorie ainsi<sup>311</sup> :

- ⇒ Les techniques de l'ADN recombinant, incluant en particulier la production de protéines de fusion, le séquençage génétique, la synthèse artificielle de virus, l'interférence par ARN et la surproduction ;
- ⇒ Les biorégulateurs ;
- ⇒ La micro-encapsulation ;
- ⇒ Les promoteurs de pénétration ;
- ⇒ Les nanotechnologies.

Analysant les conséquences de ces évolutions par rapport à la Convention, les Pays-Bas concluent que tous les développements impliquant des modifications génétiques, la

---

<sup>310</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by Australia, 2006.

<sup>311</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by the Netherlands, 2006.

synthèse artificielle de virus, et l'emploi de micro-organismes ou de parties de micro-organismes sont déjà couverts par l'article I. Les nanotechnologies représentent l'exception notable. En effet, le degré d'artificialité pourrait signifier qu'elles ne sont pas prises en compte dans le cadre de la Convention.

Pour les Pays-Bas, il n'est pas question d'interdire ou limiter les recherches légitimes impliquant des techniques microbiologiques ou moléculaires modernes. Il s'agit en effet d'améliorer les techniques d'enquête permettant d'identifier les traces d'un programme, d'encourager les échanges entre scientifiques, ainsi que d'annoncer et respecter les mesures de confiance, afin de découvrir les programmes étatiques.

➔ L'approche de la **République tchèque** diffère. Dans sa note, elle identifie avant tout les progrès réalisés par les scientifiques tchèques et pouvant éventuellement présenter un intérêt dans le cadre de la Convention, en précisant qu'ils sont pris en compte par son article I : le développement de médicaments antiviraux, les technologies de bioremédiation, ainsi que les recherches portant sur les haloalkane déshalogénases, ces dernières permettant par exemple la production d'alcools optiquement actifs<sup>312</sup>.

➔ La brève déclaration du **Portugal** diffère également dans sa nature, puisqu'elle porte sur le renforcement des capacités nationales permettant de faire face aux menaces posées par les manipulations d'agents pathogènes, ainsi que les biotechnologies et les nanotechnologies<sup>313</sup>.

### DÉCLARATIONS NATIONALES AU DÉBUT DE LA CONFÉRENCE D'EXAMEN

Dans son discours d'ouverture, le président de la sixième Conférence d'examen a indiqué que la menace représentée par les armes biologiques augmentait. En effet, les avancées rapides dans les sciences de la vie impliquent qu'il n'a jamais été aussi aisé ou peu coûteux de développer de telles armes. Les défis vont devenir de plus en plus importants au fur et à mesure de l'essor de la biologie de synthèse et de la diversification des applications des biotechnologies. Cependant, si l'adoption de mesures adéquates s'impose, celles-ci ne devront pas empêcher le développement des applications pacifiques<sup>314</sup>.

Le Secrétaire général des Nations Unies a également mentionné que les avancées scientifiques et technologiques dans le domaine de la biologie pouvaient être sources à la fois de promesses pour le développement humain et de risques. Il apparaît désormais nécessaire de considérer un ensemble d'instruments, afin de pouvoir répondre non seulement aux enjeux en matière de désarmement et de non-prolifération, mais aussi à ceux liés au terrorisme et à la criminalité. Ces réponses doivent donc prendre en compte

---

<sup>312</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by the Czech Republic, 2006.

<sup>313</sup> Scientific and technological developments relevant to the Biological Convention, submitted by Portugal, 2006.

<sup>314</sup> Opening Statement by the President of the Sixth Review Conference of the Biological Weapons Convention, Ambassador Masood Khan, 20 novembre 2006.

des aspects de santé publique et d'aide aux victimes de catastrophe, associés à des efforts en vue de permettre le développement des usages pacifiques résultant des progrès de la science et des technologies. Le Secrétaire général a également rappelé à cette occasion sa proposition d'établir un forum dédié aux avancées dans le secteur des biotechnologies rassemblant les différentes parties prenantes (industriels, scientifiques, professionnels de santé publique, représentants gouvernementaux, public)<sup>315</sup>.

Les menaces et/ou enjeux liés aux développements scientifiques et biotechnologiques ont été mentionnés dans les déclarations d'un certain nombre d'États parties ou de groupes d'États parties, incluant le **Mouvement des non-alignés**, l'**Algérie**, l'**Afrique du Sud**, le **Saint-Siège**, le **Pakistan**, l'**Inde**, l'**Ukraine**, la **France**, le **Maroc**, le **Bangladesh**, la **Thaïlande**, et l'**Australie**. Ce point a été un peu plus développé dans les déclarations suivantes :

➔ L'**Union européenne** a souhaité que les réévaluations de l'implication de ces développements soient plus fréquentes et que des efforts soient entrepris afin d'impliquer davantage d'autres parties prenantes tels que la communauté scientifique et le milieu des affaires<sup>316</sup>. Dans le discours de clôture, elle salue donc le fait que les discussions concernant les développements scientifiques et technologiques et leurs implications potentielles puissent continuer dans le cadre du processus intersessionnel<sup>317</sup>.

➔ Pour le **Royaume-Uni**, il est important de réaffirmer que la portée de la Convention couvre déjà tous les développements scientifiques et technologiques, ainsi que de confirmer la nécessité de procéder à des examens périodiques<sup>318</sup>.

➔ La **Russie** indique qu'elle a fourni un document sur les avancées scientifiques et technologiques au Secrétariat technique. Elle rappelle que les experts ont proposé d'envisager l'impact de ces développements sur le fonctionnement de la Convention et, dans cette optique, de mettre en place un Conseil scientifique consultatif composé d'experts des États parties permettant d'assurer un suivi, et de tenir et organiser des ateliers scientifiques annuels axés sur les moyens de prévenir les usages malveillants des sciences<sup>319</sup>.

---

<sup>315</sup> The Secretary General, Remarks to the Sixth review Conference of the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2006.

<sup>316</sup> Statement by H.E. Markus Lyra, Under-Secretary of State, Finland, on behalf of the European Union, 20 novembre 2013.

<sup>317</sup> Closing statement by H.E. Kari Kahiluoto, Permanent Representative of Finland to the Conference of Disarmament on behalf of the European Union, 8 décembre 2006.

<sup>318</sup> Statement by H.E. Ambassador John Duncan, Ambassador for Multilateral arms control and disarmament, 20 novembre 2006.

<sup>319</sup> Statement by H.E. Anatoly I. Antonov, Head of the Russian delegation, Director, Department for Security affairs and disarmament, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, at the 6<sup>th</sup> Review Conference of the BWC., 20 novembre 2006.

- ➔ Le **Japon** a exprimé son souhait de voir reconduit le processus intersessions, selon des modalités à discuter, afin que les États parties puissent avoir l'occasion de discuter régulièrement de sujets contribuant au renforcement de la Convention<sup>320</sup>.
- ➔ La **Chine** précise qu'elle a explicité ses positions concernant les risques liés aux développements des biotechnologies dans son rapport national<sup>321</sup>.
- ➔ La déclaration de la **Malaisie**, mentionnant les grands progrès scientifiques, et en particulier concernant les technologies de séquençage de l'ADN, souligne qu'ils s'accompagnent d'un risque potentiel de mésusage de ces connaissances. Le bioterrorisme représente une préoccupation. Dans ce contexte, la Malaisie souhaite que la Conférence, lors de l'examen du préambule et des articles de la Convention, réaffirme et si nécessaire élargisse l'interprétation des objectifs et principes, en tenant compte des développements ayant affecté l'environnement de sécurité ainsi que des avancées scientifiques<sup>322</sup>.
- ➔ De même, la **Corée du Sud** insiste sur la nécessité de réaffirmer et examiner plus en détail la compréhension des dispositions de la Convention au regard de ces avancées, qui ont par ailleurs augmenté le risque que des États ou des acteurs non étatiques exploitent les lacunes de la Convention<sup>323</sup>.
- ➔ L'**Argentine** a soumis au Secrétariat un document d'information sur les avancées scientifiques et technologiques pertinentes. Étant donné la menace posée par le bioterrorisme, il paraît nécessaire de pouvoir contrôler les capacités dans le domaine des biotechnologies pouvant contribuer à la fabrication d'armes de destruction massive. Il serait utile de pouvoir disposer d'un mécanisme multilatéral de suivi des sujets relevant des biotechnologies présentant un intérêt dans l'optique de la Convention<sup>324</sup>.
- ➔ Le **Brésil** souligne que le processus d'examen doit être en phase avec les développements scientifiques et industriels, en particulier dans le domaine des biotechnologies. La Conférence d'examen devrait considérer la question de l'harmonisation entre les préoccupations en matière de sécurité et l'accès aux progrès technologiques. Dans cette perspective et afin de limiter les pratiques arbitraires, il propose de mettre en place un groupe de travail qui aurait pour mission d'établir une liste de matières et d'équipements

---

<sup>320</sup> Statement by H.E. Yoshiki Mine, Ambassador, Permanent Representative of Japan to the Conference of Disarmament, 20 novembre 2006.

<sup>321</sup> Statement by H.E. Ambassador Cheng Jungye, head of the Chinese delegation at the 6<sup>th</sup> Review Conference of the Convention on the prohibition of the development, production and stockpiling of bacteriological (biological) and toxin weapons and on their destruction (BWC), 20 novembre 2006.

<sup>322</sup> Statement by the delegation of Malaysia, at the Sixth Review Conference of the State Parties to the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2013.

<sup>323</sup> Statement by H.E. MR. Chang Dong-hee, Ambassador of the Republic of Korea at the Sixth Review Conference of the State Parties to the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2013.

<sup>324</sup> Statement by Argentina to the Sixth Review Conference of the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2006.



afin de contribuer aux efforts pour mettre en place des mécanismes de contrôle dans le cadre de la Convention<sup>325</sup>.

➔ Le **Pérou** appelle de ses vœux la création avant la prochaine Conférence d'examen d'un mécanisme rassemblant tous les États parties et permettant de suivre et contrôler les développements technologiques<sup>326</sup>.

➔ Pour le **Chili**, les progrès dans les domaines de la microbiologie, de l'ingénierie génétique et des biotechnologies conduisent à une situation qui rend nécessaire la mise en place d'un contrôle strict de ces domaines. En plus de la législation nationale, il prône à cet effet la promotion de l'adoption de codes de conduite et de bonnes pratiques, ainsi que le développement de l'éthique dans les sciences de la vie<sup>327</sup>.

➔ La **Nouvelle-Zélande** conclut sa déclaration sur la nécessité pour les États parties d'œuvrer ensemble afin d'adopter un processus pragmatique permettant d'améliorer la sécurité collective, au vu des défis posés par les avancées scientifiques et technologiques et par les préoccupations accrues relatives à la menace bioterroriste<sup>328</sup>.

Par ailleurs, le **Comité international de la Croix Rouge (CICR)** revient sur « l'âge des biotechnologies », qui façonne de plus en plus nos sociétés et nos vies. Dans certains domaines, par exemple celui de l'ingénierie génétique, certaines réalisations, impensables il y a dix ans, sont désormais techniquement faisables. Étant donné la portée des avancées dans les sciences de la vie et les biotechnologies, l'importance de la Convention dépasse le champ du désarmement. Celle-ci représente le pilier central et la base normative, et donc le fondement à partir duquel construire un « réseau de prévention ». Dans ce contexte, la déclaration du CICR mentionne son initiative « *Biotechnology, Weapons and Humanity* »<sup>329</sup>.

#### **DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS PARTIES PENDANT LA CONFÉRENCE D'EXAMEN OU EN AMONT**

Le **Mouvement des Non-alignés** a proposé un mécanisme *ad hoc* intersessionnel pour la période entre la sixième et la septième Conférence d'examen, comprenant quatre réunions annuelles d'une durée d'une semaine. L'une des thématiques qui devraient être abordées selon cette proposition est celle des avancées dans les sciences de la vie et les

---

<sup>325</sup> Statement by Ambassador Carlos Antonio da Rocha Parahos, Deputy Permanent Representative of Brazil, in charge of disarmament, VI Review Conference of the BWC., 20 novembre 2006.

<sup>326</sup> Statement by Peru to the Sixth Review Conference of the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2006.

<sup>327</sup> Statement by Chile to the Sixth Review Conference of the Biological Weapons Convention, 20 novembre 2006.

<sup>328</sup> Statement by Charlotte Darlow, Deputy Permanent Representative to the Conference on Disarmament, 21 novembre 2006.

<sup>329</sup> Statement of the International Committee of the Red Cross.

biotechnologies et leur pertinence par rapport à la mise en œuvre de la Convention, en particulier de l'article I<sup>330</sup>.

Dans sa proposition pour l'intersession présentée par la France et le Royaume-Uni, l'**Union européenne** a également suggéré que les développements scientifiques et technologiques pertinents puissent faire partie des thèmes étudiés annuellement<sup>331</sup>.

De même, la proposition du **Canada** portant sur un cadre de responsabilisation mentionne les sciences et technologies comme l'un des sujets pouvant être abordés lors de réunions annuelles<sup>332</sup>.

**L'Argentine, la Bolivie, le Brésil, le Chili, la Colombie, le Costa Rica, l'Équateur, le Guatemala, le Mexique, le Pérou et l'Uruguay** ont proposé un mécanisme de suivi. L'un des points porte sur l'analyse, dans le cadre de groupes d'experts gouvernementaux, des développements dans les domaines des biotechnologies, de l'ingénierie génétique, de la microbiologie et dans les autres domaines associés ayant un impact pour la Convention<sup>333</sup>.

### DÉCLARATION FINALE

La sixième Conférence d'examen, qui s'est déroulée en 2006, n'a pas connu de rebondissements comme la précédente. L'un des faits notables a cependant été la décision de créer une Unité d'appui à l'application (ISU), et l'adoption d'un nouveau programme intersessions, l'expérience s'étant avérée finalement plutôt positive.

Le rapport final de la Conférence ne mentionne pas la problématique de la convergence. En ce qui concerne l'article I, la Conférence réaffirme que cet article s'applique à toutes les innovations scientifiques et techniques dans le domaine des sciences du vivant et d'autres domaines scientifiques ayant un rapport avec la Convention. Ce point est souligné dans le discours de clôture du président de la Conférence<sup>334</sup>. Il a par ailleurs été décidé que la septième Conférence devrait examiner le fonctionnement de la Convention eu égard, entre autres, à toutes réalisations scientifiques et techniques ayant un rapport avec la Conférence. Les mentions des développements scientifiques et technologiques sont essentiellement faites dans le contexte de la mise en œuvre de l'article X<sup>335</sup>.

---

<sup>330</sup> Intersessional ad hoc mechanism, to be established between the Sixth and the Seventh Review Conferences of the BWC., BWC/CONF.VI/WP.32.

<sup>331</sup> The intersessional programme of work: its utility and contribution to fulfilling the object and purpose of the Convention between 2003-2005 and a case for further intersessional work after 2006, BWC/CONF.VI/WP.8, 20 octobre 2006.

<sup>332</sup> Cadre de responsabilisation, BWC/CONF.VI/WP.1, 20 octobre 2006.

<sup>333</sup> Follow-up mechanism, Working paper submitted by Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Mexico, Peru and Uruguay, 2006.

<sup>334</sup> Closing remarks of Ambassador Masood Khan of Pakistan, President of the 6<sup>th</sup> Review Conference of the Biological Weapons Convention, 8 décembre 2006.

<sup>335</sup> Document final, BWC/CONF.VI/6, 8 décembre 2006.

Les thématiques du processus intersessions sont les suivantes :

- i) moyens à mettre en œuvre pour améliorer l'application à l'échelon national ;
- ii) coopération régionale et sous régionale à l'application de la Convention ;
- iii) mesures nationales, régionales et internationales visant à améliorer la sécurité et la sûreté biologiques ;
- iv) surveillance, éducation, sensibilisation, ainsi qu'adoption ou élaboration de codes de conduite ;
- v) promotion du renforcement des capacités en matière de surveillance, de dépistage, de diagnostic et de confinement des maladies infectieuses ;
- vi) fourniture d'une assistance et coordination avec les organisations compétentes, en cas d'allégations d'emploi d'armes biologiques ou à toxines, si un État partie en fait la demande.

La question de l'évaluation des avancées scientifiques et technologiques et de leur impact n'apparaît donc pas directement en tant que telle, même si le point iv) avait pour but de contribuer à empêcher les utilisations abusives des progrès de la recherche dans les sciences et techniques biologiques. De plus, par la suite, l'Unité d'application et certains États parties ont soumis des documents de travail s'y rapportant dans le cadre des réunions thématiques du processus intersessions.



**PREMIÈRE CONFÉRENCE D'EXAMEN, 2003****RAPPORT DU CONSEIL SCIENTIFIQUE CONSULTATIF SUR LES PROGRÈS SCIENTIFIQUES  
ET TECHNIQUES**<sup>336</sup>

Si le terme de convergence n'est pas retrouvé dans ce document, les conséquences des avancées dans des domaines relevant de la biologie sont cependant bien prises en compte. En se fondant sur l'étude du rapport de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) à l'OIAC et sur son propre examen des faits scientifiques nouveaux<sup>337</sup>, le Conseil identifie ainsi entre autres les progrès de la biologie moléculaire, qui permettent d'une part de produire de nouveaux produits chimiques biologiquement actifs et d'autre part de développer des procédés permettant de synthétiser ces produits en utilisant des enzymes ou des systèmes à base de cellules. Il conclut néanmoins que ces avancées ne changent pas énormément la situation, puisque de nombreux produits toxiques sont connus, pour beaucoup non inscrits dans l'un des tableaux de la Convention.

Face aux évolutions dans ces domaines, le Conseil prône le rapprochement avec des organisations scientifiques internationales œuvrant dans des domaines pertinents comme la biochimie, la biologie moléculaire ou les sciences biologiques.

**DÉCLARATIONS ET DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS PARTIES  
PENDANT LA CONFÉRENCE D'EXAMEN**

Dans sa déclaration liminaire, le Directeur général de l'OIAC rappelle que la Convention n'est pas destinée à devenir obsolète et que, dans cette optique, le Conseil a pour rôle de constituer « *un point de référence équilibré et scientifiquement fiable* »<sup>338</sup>.

La **République de Corée** a remis un document axé sur les développements récents de la technologie chimique et le caractère général de la Convention. Il est précisé que les percées dans un certain nombre de domaines pouvaient remettre en question le bien-fondé du régime de vérification, mentionnant entre autres la biosynthèse enzymatique ou cellulaire<sup>339</sup>.

La **Suède** a proposé un papier sur le progrès technologique et les inspections de l'industrie. L'incidence de la biologie est mentionnée, puisqu'il est rappelé que les

---

<sup>336</sup> Rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques, RC-1/DG.2, 23 avril 2003.

<sup>337</sup> Prashall G., Pearson G., Inch T., Becker E. (Union internationale de chimie pure et appliquée), « Incidences des progrès scientifiques sur la Convention sur les armes chimiques » (Rapport technique de l'UICPA), *Pure and Applied Chemistry*, 2002;74:2323-2352.

<sup>338</sup> Déclaration du Directeur général à la première session extraordinaire de la Conférence des États parties chargée d'examiner le fonctionnement de la Convention sur les armes chimiques, RC-1/DG.3, 28 avril 2008.

<sup>339</sup> RC-1/NAT.17, 29 avril 2003.

progrès de la technologie dans l'industrie chimique, en association notamment avec une meilleure connaissance scientifique des processus biologiques, entre autres, ont par le passé contribué à la mise au point de nouveaux agents de guerre chimique. La notion de convergence et les enjeux afférents sont clairement évoqués, puisqu'il est précisé que « *la rapidité du progrès scientifique et technologique dans les domaines de la chimie et de la biologie constitue l'un des défis majeurs pour la réalisation du but de la Convention* ». Les évolutions scientifiques et technologiques doivent représenter un critère pour le recrutement et la formation des inspecteurs<sup>340</sup>.

### **RAPPORT DE LA PREMIÈRE SESSION EXTRAORDINAIRE**

Le rapport de cette première session prend acte de la note du Directeur général transmettant les observations et recommandations du Conseil scientifique consultatif et demande au Conseil exécutif de les étudier. Il indique que la Conférence a examiné les faits nouveaux dans le domaine des sciences et de la technologie et conclut qu'il faudrait adapter en conséquence le régime de vérification de l'industrie chimique. L'importance de l'application nationale est rappelée, afin que la Convention puisse faire face à un certain nombre d'enjeux, dont les progrès scientifiques et techniques.

L'importance de prendre en compte les progrès scientifiques et techniques, tant dans le cadre de la Convention qu'au niveau national, est réaffirmée dans la Déclaration politique, mais la question de la convergence n'est pas évoquée<sup>341</sup>.

## **DEUXIÈME CONFÉRENCE D'EXAMEN, 2008**

### **EXAMEN DU FONCTIONNEMENT DE LA CONVENTION DEPUIS LA PREMIÈRE CONFÉRENCE D'EXAMEN ET RAPPORT DU CONSEIL SCIENTIFIQUE CONSULTATIF SUR LES PROGRÈS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**<sup>342</sup>

Afin de préparer la deuxième Conférence d'examen, le Secrétariat technique a diffusé une note sur l'examen du fonctionnement de la CIAC depuis la Conférence précédente<sup>343</sup>. Parmi les aspects qui ont été étudiés figurent les développements scientifiques et techniques. Ceux-ci contribuent à modifier l'environnement dans lequel l'OIAC intervient. Le régime de vérification au titre de l'article VI doit en particulier être adapté, afin de prendre en compte ces avancées, incluant la convergence entre chimie et biologie.

Afin que l'Organisation demeure un instrument de lutte contre la prolifération efficace et que les interdictions posées par la Convention continuent d'être respectées, l'OIAC

---

<sup>340</sup> RC-1/NAT.28, 8 mai 2003.

<sup>341</sup> Déclaration politique de la première session extraordinaire de la Conférence des États parties chargée d'examiner le fonctionnement de la Convention sur les armes chimiques, RC-1/3, 9 mai 2003.

<sup>342</sup> Rapport du Conseil scientifique consultatif sur les progrès scientifiques et techniques, RC-1/DG.2, 23 avril 2003.

<sup>343</sup> Note by the Technical Secretariat, Review of the operation of the Chemical Weapons Convention since the First Review Conference, RC-2/S/1, 31 mars 2008.



devra adopter des mesures permettant de répondre aux enjeux résultant de progrès scientifiques et techniques qui par ailleurs s'avèrent bénéfiques pour l'humanité. À ce propos, il faut noter qu'il est entre autres ajouté que « *cela est particulièrement vrai en ce qui concerne l'interface entre la chimie et la biologie, un domaine dans lequel la science avance rapidement et dans lequel la recherche va probablement conduire à de nouvelles découvertes qui pourraient avoir des conséquences pour la Convention* ». L'emploi de procédés biologiques ou à médiation biologique représente un exemple de ces évolutions ayant une incidence pour la Convention. Elles soulèvent la question de l'adéquation des mécanismes de vérification existants et de l'adaptation des procédures. Dans ce contexte, le rôle du Conseil scientifique consultatif est rappelé.

En ce qui concerne la partie consacrée aux avancées scientifiques et technologiques, deux aspects sont plus particulièrement développés :

- ⇒ Les changements importants dans l'industrie chimique, avec en particulier les micro-réacteurs permettant de créer des produits chimiques toxiques en grandes quantités, ou encore la conception et l'identification de molécules actives grâce à l'outil informatique, la chimie combinatoire ou les techniques de criblage.
- ⇒ L'essor des biotechnologies industrielles. Il y a par exemple production de produits chimiques organiques définis (PCOD) par réaction enzymatique ou fermentation ou encore production de biopolymères par des plantes génétiquement modifiées. Des recherches portent par ailleurs sur l'utilisation de microbes ou d'enzymes isolées, afin de réaliser des réactions qu'il serait difficile d'obtenir par la chimie conventionnelle.

À ce propos, lors de sa troisième session en 1998, la Conférence avait demandé au Conseil scientifique consultatif de déterminer si le terme "fabrication par synthèse" (neuvième partie de l'Annexe sur la vérification) devait inclure les processus biochimiques et à médiation biologique. Ce dernier a conclu dans un rapport en 1999 qu'il n'était plus possible, du point de vue scientifique, d'établir une distinction précise entre les processus chimiques, d'une part, et les processus biologiques ou à médiateur biologique, d'autre part. Cet avis a été repris par la suite après réévaluation, incluant dans son rapport en vue de la tenue de la première Conférence d'examen<sup>344</sup>, <sup>345</sup>. L'accent devrait donc être mis sur le produit plus que sur le processus de production, puisqu'il devient de plus en plus difficile de déterminer si un processus est chimique, biologique ou mixte. Dans un rapport de 2002, il précisait néanmoins qu'une réunion d'experts gouvernementaux n'avait pas abouti à la même conclusion, mais qu'il y avait néanmoins un accord quant au fait que cette question devait continuer à faire l'objet d'un examen<sup>346</sup>.

L'identification de cette question a donc été faite dès le début de la vie de la Convention. Les experts du Conseil scientifique consultatif ont cependant conclu qu'à ce stade il n'y a pas d'incidence majeure pour le régime de

---

<sup>344</sup> Report of the Second Session of the Scientific Advisory Board, SAB-II/1, 23 avril 1999.

<sup>345</sup> Note du Directeur général, Rapport du Conseil consultatif scientifique sur les progrès scientifiques et techniques, RC-1/DG.2, 23 avril 2003.

<sup>346</sup> Report of the fifth session of the Scientific Advisory Board, SAB-5/1, 1<sup>er</sup> novembre 2002.

vérification, étant donné les faibles volumes de produits fabriqués par ce type de procédés et le fait que les installations chimiques ne soient pas adaptées à la production de produits hautement toxiques. Ils reconnaissent que cette situation peut évoluer, imposant la nécessité d'une réévaluation des risques posés par ces installations.

Comme pour la précédente conférence d'examen, le Conseil scientifique consultatif a été sollicité par le Directeur général afin de préparer un rapport sur les progrès réalisés depuis cette Conférence. Dans celui-ci, le Conseil mentionne clairement la convergence entre chimie et biologie, celle-ci offrant de nouvelles perspectives en termes de synthèse et de recherche de l'activité biologique. Cette convergence représente donc l'un des changements significatifs affectant l'industrie chimique et qui doit faire l'objet de réflexions. Le rapport indique en particulier que, s'il est évident qu'elle a une incidence sur la Convention, il apparaît toutefois moins évident de déterminer de quelle façon le processus de mise en œuvre devrait être adapté. Le terme de convergence est ainsi répété à plusieurs reprises dans ce rapport et le rapport souligne que cette tendance renforce le chevauchement entre CIAB et CIAC.

En ce qui concerne les développements scientifiques et techniques, en plus du paragraphe dédié à la question de la convergence entre chimie et biologie, plusieurs points examinés par les experts relevaient au moins en partie à la convergence technologique, avec les nanotechnologies, les dispositifs d'administration de médicaments et l'emploi de la biocatalyse pour la production industrielle. Ces deux derniers domaines bénéficient d'ailleurs de l'apport des nanotechnologies.

#### **DÉCLARATIONS ET DOCUMENTS DE TRAVAIL SOUMIS PAR LES ÉTATS PARTIES PENDANT LA CONFÉRENCE D'EXAMEN**

En ouverture de la Conférence d'examen, le Directeur Général de l'OIAC précise que l'influence de facteurs extérieurs doit être prise en compte lors de l'examen du fonctionnement de la Convention, en particulier les développements scientifiques et technologiques. Il rappelle qu'en établissant la justification de la tenue de conférences d'examen tous les cinq ans et la création du Conseil scientifique consultatif, la Convention définit une responsabilité juridique de même qu'un mécanisme permettant de prendre en compte les avancées scientifiques et techniques. Parmi les développements considérés figure « *l'utilisation de processus biologiques ou à médiation biologique pour la fabrication de produits chimiques qui sont peut-être pertinents aux fins de la Convention, mais ne sont pas encore couverts par son régime de vérification* », question relevant de la convergence<sup>347</sup>.

Le bref message du Secrétaire Général des Nations Unies, transmis par le Secrétaire général adjoint de la Conférence du Désarmement, indique uniquement à ce propos que

---

<sup>347</sup> Déclaration d'ouverture du Directeur Général à la Deuxième Session extraordinaire de la Conférence des États parties chargés d'examiner le fonctionnement de la Convention sur l'interdiction des États parties, RC-2/DG.2, 7 avril 2008.

cette Conférence offre l'occasion d'une réflexion sur les dispositions de la Convention, celle-ci devant tenir compte des développements scientifiques et technologiques clés<sup>348</sup>.

L'**Inde** considère qu'il y a eu des avancées scientifiques et technologiques, mais que celles-ci n'ont pas représenté de défi pour le cadre de la Convention. C'est la seule déclaration qui mentionne explicitement le terme de « convergence ». Elle rappelle en effet que la convergence entre chimie et biologie, les nouveaux développements dans les sciences et la mondialisation croissante de l'industrie chimique font partie des nouveaux défis pour la Convention souvent cités et examinés dans le rapport du Conseil scientifique consultatif. Établir un équilibre entre les dispositions de la Convention et les percées scientifiques et technologiques s'avère en effet être un exercice ardu, d'autant plus que le Conseil a conclu que ces dernières n'avaient jusqu'à présent que peu d'impact en termes de développement de nouveaux agents chimiques de guerre. Pour l'Inde, il apparaît donc nécessaire à ce stade d'étudier plus avant les risques résultant des progrès dans le domaine de la chimie et leur incidence sur les dispositions relatives à la vérification<sup>349</sup>.

Dès l'introduction, le représentant de **Singapour** insiste sur le fait que, pour sa délégation, les développements scientifiques et techniques ayant eu lieu depuis la première Conférence d'examen représentent un point clef. Parmi les questions citées ensuite dans cette déclaration figure ainsi l'impact des développements scientifiques et industriels sur le régime de vérification. Celui-ci doit évoluer et être adapté, afin d'en tenir compte sans pour autant entraver les applications commerciales légitimes. Les développements dans les domaines de la chimie et des sciences de la vie représentent un enjeu pour ce régime, alors que par exemple sont développés de nouveaux processus de production. Pour Singapour, il apparaît donc nécessaire que les inspecteurs de l'OIAC et les autorités nationales se tiennent au courant des progrès en matière de méthodes de synthèse, production et détection<sup>350</sup>.

De même, la **Corée du Sud** a soumis une proposition visant à améliorer l'efficacité et le ratio coût / efficacité du régime de vérification de l'industrie chimique, étant donné les évolutions rapides touchant ce secteur et les développements scientifiques et technologiques continus<sup>351</sup>.

Si le terme « convergence » n'est pas employé, la déclaration faite par la représentante de la Slovénie au nom de l'**Union européenne et des pays associés** identifie cependant

---

<sup>348</sup> Message du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies à la Deuxième Session extraordinaire de la Conférence des États parties chargée d'examiner le fonctionnement de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques, transmis par M. Tim Caughley, Secrétaire général adjoint de la Conférence du Désarmement, Directeur de la division de Genève du Bureau des affaires de désarmement des Nations Unies, RC-2/2, 7 avril 2008.

<sup>349</sup> Statement of Ambassador Ms. Neelam D. Sabharwal, permanent representative of India to the OPCW and leader of the Indian delegation to the second Review Conference, 7 avril 2008.

<sup>350</sup> Statement by Singapore at the Second Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 7 avril 2008.

<sup>351</sup> The Republic of Korea, Proposal for enhancing the efficiency and cost-effectiveness of other chemical production facilities inspections, RC-2/NAT.7, 8 avril 2008.

clairement les développements scientifiques et techniques en chimie et en biologie, ainsi que la convergence croissante entre ces deux domaines, comme des enjeux auxquels est confrontée la Convention. Elle rappelle le rôle crucial du Conseil scientifique consultatif et réaffirme le critère de destination générale, précisant que la définition inscrite dans l'article II reste pertinente et permet de prendre en compte les enjeux qui pourraient survenir<sup>352</sup>. Selon l'Union européenne, les autres installations de fabrication de produits chimiques (AIFPC) représentent les sites pour lesquels l'incidence des développements scientifiques, technologiques et industriels sera la plus importante. Il faut également considérer quelles peuvent être les conséquences sur le régime de vérification et les mesures de mise en œuvre nationale doivent être régulièrement améliorées<sup>353</sup>.

Le **Pakistan** déclare qu'il faut suivre attentivement les avancées scientifiques et technologiques – allant des modifications concernant la production aux travaux scientifiques de pointe – et leur impact sur la Convention. Pour cet État partie, les mécanismes de délibération devraient permettre une « *approche plus systématique et approfondie* », afin d'étudier les informations et données disponibles<sup>354</sup>. Comme la Suisse, il exprime une préoccupation particulière en ce qui concerne la question des agents incapacitants<sup>355</sup>.

L'importance de ces développements est abordée de façon plus indirecte dans la déclaration du représentant des **États-Unis**, puisqu'il y est fait mention du fait que le rythme des changements technologiques dans le domaine de la chimie ne faiblit pas. Il apparaît souhaitable de renforcer le fonctionnement du Conseil scientifique consultatif, en particulier en améliorant la formulation des demandes d'étude et la manière dont les recommandations sont traitées, mais aussi en augmentant le financement afin qu'il puisse y avoir deux réunions annuelles, ou encore par le biais de la création de groupes de travail temporaires<sup>356</sup>.

Les **Pays-Bas** identifient la mondialisation, les rapides avancées scientifiques et techniques ainsi que l'augmentation du volume des échanges concernant des produits chimiques comme des tendances qui vont s'accroître, augmentant ainsi le risque de diversion et d'abus. Ce constat suscite plusieurs interrogations : est-ce que l'OIAC est à même d'y faire face ? Comment est-il possible de faire un suivi de ces développements ? Comment l'Organisation peut-elle assurer le suivi des AIFPC les plus pertinentes au regard des objectifs de la Convention sans pour autant négliger les installations impliquant des produits listés dans les tableaux 1, 2 et 3 ? Quel pourrait être le rôle de l'OIAC en

---

<sup>352</sup> En effet, la Convention considère comme des armes chimiques les produits chimiques toxiques et leurs précurseurs, « à l'exception de ceux qui sont destinés à des fins non interdites par la présente Convention, aussi longtemps que les types et quantités en jeu sont compatibles avec de telles fins ».

<sup>353</sup> Statement by Ms Anita Pipan, Director general for Policy planning and multilateral political relations, Ministry of Foreign affairs, Republic of Slovenia on behalf of the European Union and associated countries, to the Second Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, RC-2/NAT.13, 7 avril 2008.

<sup>354</sup> Statement by Mrs. Kehkeshan Azhar, Acting Permanent Representative of Pakistan, 7 avril 2008.

<sup>355</sup> Riot control and incapacitating agents under the Chemical Weapons Convention, RC-2/NAT.12, 9 avril 2008.

<sup>356</sup> Statement by Ambassador Eric M. Javits, United States delegation to the Second Review Conference of the Chemical Weapons Convention, 7 avril 2008.

matière de lutte contre la prolifération des armes chimiques par des acteurs non étatiques ?<sup>357</sup> Parmi d'autres considérations, les **Pays-Bas** ont également souligné dans une autre communication la nécessité d'encourager le Secrétariat technique à maintenir des contacts avec les experts pertinents des différents États parties, cette approche étant un bon moyen de pouvoir se tenir au fait des avancées scientifiques et techniques pouvant avoir un incidence sur la Convention. Ces développements offrent par ailleurs l'occasion de renforcer la coopération et le dialogue entre les États parties et l'industrie<sup>358</sup>.

Enfin, il faut noter que dans des déclarations faites par **Cuba au nom du Mouvement des non-alignés plus la Chine**, la **Thaïlande**, le **Vietnam** et la **Zambie**, la question des avancées scientifiques et technologiques est placée dans le contexte spécifique de la promotion des usages pacifiques de la chimie et de la coopération internationale, en vertu de l'article XI<sup>359, 360, 361, 362</sup>.

### RAPPORT DE LA DEUXIÈME SESSION EXTRAORDINAIRE

L'examen du fonctionnement de la Convention, point 9 de l'ordre du jour, a été réalisé en tenant compte de tous les progrès scientifiques et techniques pertinents<sup>363</sup>.

La deuxième Conférence a ainsi noté l'impact des avancées scientifiques et technologiques sur la mise en œuvre de la CIAC, ainsi que l'importance pour l'OIAC et ses organes directeurs d'en tenir pleinement compte, soulignant que le Conseil scientifique consultatif devait continuer à jouer « *un rôle objectif et équilibré* » dans ses avis au Directeur général. Elle a par ailleurs considéré que les définitions précisées dans l'article II englobaient ces développements, réaffirmant ainsi le critère de destination général.

La Conférence a précisé que le système de vérification devait être amélioré en fonction de ceux-ci. Ils font partie des facteurs devant être pris en compte dans le cadre d'une optimisation de l'attribution des ressources allouées à la vérification de l'industrie chimique. Elle a également rappelé que la mise en œuvre nationale contribue à ce que la

---

<sup>357</sup> RC-2/NAT.8, 7 avril 2008.

<sup>358</sup> RC-2/NAT.16, 15 avril 2008.

<sup>359</sup> Position paper submitted by the delegation of the Republic of Cuba on behalf of the Member States of the NAM that are State Parties to the Chemical Weapons Convention and China, to the Second Special Session of the Conference of the State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, RC-2/NAT.17/Rev.1, 15 avril 2008.

<sup>360</sup> Statement by H.E. Ambassador Suchitra Hiranprueck, Representative of the Kingdom of Thailand at the Second Special Session of the Conference of State Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 9 avril 2008.

<sup>361</sup> Statement by H.E. Ambassador Ha Huy Thong, Permanent representative of Vietnam to OPCW., 7 avril 2008.

<sup>362</sup> Speech by the Deputy Minister of Foreign Affairs of the Republic of Zambia, Honourable professor Fashion Phiri, MP at the 2<sup>nd</sup> Special Session of the Conference of States Parties to review the operation of the Chemical Weapons Convention, 7 avril 2004.

<sup>363</sup> Rapport de la deuxième session extraordinaire de la Conférence des États Parties chargée d'examiner le fonctionnement de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques (Deuxième Conférence d'examen), RC-2/4, 18 avril 2008.

Convention puisse faire face aux changements dans l'environnement de sécurité, mais aussi aux développements dans les sciences et les techniques.

En ce qui concerne les capacités d'établissement des faits, la Conférence a demandé au Secrétariat technique de maintenir un niveau de préparation élevé et de compétences, prenant en compte les développements scientifiques et techniques, permettant le cas échéant la conduite d'une inspection par mise en demeure ou une enquête en cas d'allégation d'emploi.

À propos de l'assistance et de la protection, le Secrétariat technique a été chargé de proposer des formulations à l'intention du Conseil sur la meilleure façon d'utiliser les ressources pouvant être exploitées en cas de demande d'assistance par un État partie pour développer des moyens de protection ou dans le cadre d'une enquête en cas d'allégation d'emploi. Il est précisé que le Secrétariat doit tenir compte des options d'assistance et de protection rendues possibles par les progrès de la science.

Suite à la recommandation faite à l'issue de la deuxième Conférence, une réunion d'experts scientifiques et techniques, désignés par les États Parties, a été organisée l'année suivante, afin d'examiner les suggestions et recommandations faites par le Conseil scientifique consultatif dans son rapport<sup>364</sup>.

---

<sup>364</sup> Note du Secrétariat technique, Invitation à désigner des participants à une réunion d'experts gouvernementaux chargée d'examiner le rapport présenté par le Conseil scientifique consultatif à la deuxième Conférence d'examen, S/723/2008, 15 décembre 2008.



## Technological convergence: What impact for the Chemical and Biological Weapons Conventions?

(Inserm, Paris, 20 February 2013)

The signing of the Chemical Weapons Convention (CWC) constituted a crucial step in the fight against chemical weapons. It remains the major international instrument providing for the eradication of a category of weapons of mass destruction and associated with a strict verification regime. This seminar took place in the context of the run up to the Third Review Conference of the Chemical Weapons Convention, which remains a cornerstone of the multilateral and non-proliferation regime. The Foundation for Strategic Research thus intends to contribute to the discussions regarding the evolution of the non-proliferation regimes against chemical and biological weapons and the strengthening of existing multilateral instruments.

In 2008, in the context of the Second Review Conference, the Foundation also contributed to this debate, through a seminar on “*The new challenges of chemical proliferation: What could be their impact on the Chemical Weapons Convention and on the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons?*”, organized on behalf of the Delegation for Strategic Affairs of the French Ministry of Defence. “*How can the chemical weapons prohibition system take account of scientific and technological developments?*” happened to be one of the key questions addressed during the seminar. The participants agreed that one of the challenges comprised the question of how to take into account the convergence between chemistry and biology.

Focusing on scientific and technological convergence, this seminar can be considered as a follow-up. To promote an open debate, the meeting was held under the Chatham House Rule. Bringing together people from various backgrounds, including scientists and experts of arms control and non-proliferation, both from the private and the public sectors, it also represented an outreach opportunity to involve a broader community in the debate and to contribute to raising awareness.

This seminar would not have been possible without the contribution of a number of colleagues and experts. We would like to thank them for their time and expertise:

**Patrice BINDER**, *National Institute of Health and Medical Research (France)*

**Jean-François DAGUZAN**, *Fondation pour la Recherche Stratégique (France)*

**Malcolm DANDO**, *University of Bradford (United Kingdom)*

**Alexei GRINBAUM**, *LARSIM Laboratory, CEA-Saclay (France)*

**François LE FÈVRE**, *Genomics Institute, CEA (France)*

**James REVILL**, *SPRU – Science and Technology Policy Research (United Kingdom)*

**Roger ROFFEY**, *Swedish Defense Research Agency (Sweden)*

**Françoise ROURE**, *High Council for Economy, Industry, Energy and Technologies, France*

**Katie SMALLWOOD**, *World Health Organization*

**Ralf TRAPP**, *International Disarmament Consultant*

**Jim WHITMAN**, *University of Bradford (United Kingdom)*

**Edward H. YOU**, *Federal Bureau of Investigation (United States)*

*The FRS would like to take this opportunity to thank all other participants who kindly agreed to take part in the seminar. Their insightful comments helped to make this event a success. The FRS would also like to extend its special thanks to the National Institute of Health and Medical Research (Inserm) for hosting this seminar.*

*The report reflects the rapporteur's personal interpretation of the proceedings and as such does not reflect any official position or the views of the rapporteur or of the Fondation pour la Recherche Stratégique.*

# Technological convergence: What impact for the Chemical and Biological Weapons Conventions?

---

(Inserm, Paris, 20 February 2013)

8:45 – 9:00 *Welcome*

9:00 – 9:15 **Introduction**

9:15 – 10:45 **Science and Technology Convergence: Mechanisms and Applications**

Moderator: *Jean-François Daguzan, Fondation pour la Recherche Stratégique*

Converging Technologies: A European Perspective (*Françoise Roure, High Council for Economy, Industry, Energy and Technologies*)

Governance Challenges of Science and Technology Convergence (*Jim Whitman, University of Bradford*)

10:45 – 11:00 *Coffee Break*

11:00 – 12:30 **Risks and Threats Pertaining to Converging Technologies**

Moderator: *Patrice Binder, National Institute of Health and Medical Research*

Nanotechnologies (*Alexei Grinbaum, LARSIM Laboratory, CEA-Saclay*)

Neurosciences (*Malcolm Dando, University of Bradford*)

Systems and Synthetic Biology (*François Le Fèvre, Genomics Institute, CEA*)

12:30 – 14:00 *Lunch Break*

14:00 – 15:30 **Impact of Science and Technology Convergence on the Non-Proliferation Regimes against Chemical and Biological Weapons**

Moderator: *Nicolas Coussière, Delegation for Strategic Affairs*

Implication of Science and Technology Convergence on the Operation of the Chemical Weapons Convention (*Ralf Trapp, International Disarmament Consultant*)

Convergence of the Life Sciences, Engineering and Physical Sciences and Impact on the Biological and Toxins Weapons Convention (*Roger Roffey, Swedish Defense Research Agency*)

15:30 – 15:45 *Coffee break*

15:45 – 17:15 **Governance and role of scientists**

Moderator: *Patrice Binder, National Institute of Health and Medical Research*

Taking into Account the impact of Science and Technology Convergence: Role of Experts and Scientists (*Katie Smallwood, World Health Organization*)

Awareness Raising and Education about Challenges and Threats resulting from Science and Technology Convergence (*James Reville, Harvard Sussex Program*)

FBI and American Association for Advancement of Science joint process on dialogue between Universities and Federal Bureau of Investigation (*Edward You, Federal Bureau of Investigation*)

17:15 **Concluding remarks**

The information and opinions expressed therein are the sole responsibility of the authors and do not reflect the views of the Fondation pour la Recherche Stratégique or the French official position.

## Science and Technology Convergence: Mechanisms, Applications and Challenges

‘Technological convergence’ describes of broad trends in science and technology. This term, which has been widely used in the field of information and communication technologies, now includes other meanings, such as the convergence of chemistry and biology at the nanoscale, and the added value and outputs from multidisciplinary teams. It applies to politically supported, dedicated efforts in the United States and within the European Union to create a ‘single engineering paradigm,’ combining nanotechnology, biotechnology, information technology, robotics and cognitive science. Scientific laboratories relying on a multidisciplinary approach develop tools for the future. An inherent feature of scientific research is that it can lead to both beneficial applications and misuse, and the dual-use dilemma is relevant for technological convergence. This calls for efforts to foresee potential future challenges without neglecting a focus on current challenges.

The US and the EU have developed two different approaches with technology “for” versus “of” the mind. This philosophical debate has an impact on the way scientific roadmaps have been drafted. Published in 2004, the CTeks Report can be deemed as a European answer to the National Science Foundation (NSF) report about “NBIC Convergence for Human Enhancement”. Technological Convergence has since been approached through scientific roadmaps and societal aspects, with bridges in between, as the Technology Readiness Levels stayed low in applications.

The EU report ‘*Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies*’<sup>365</sup>, published in 2004, states that ‘Each [of the likely characteristics of [converging technologies applications] presents an opportunity to solve societal problems, to benefit individuals, and to generate wealth. Each of these also poses threats to culture and tradition, to human integrity and autonomy, perhaps to political and economic stability.’ Recognizing these challenges, the Human Brain Project<sup>366</sup>, selected under the FET (Future and Emerging Technologies) Programme launched by the European Commission, includes for example an ongoing assessment of its potential impacts, aiming at exploring the ethical, social and philosophical implications resulting from its multidisciplinary approach.

More broadly, seeking to promote responsible research at European level, the Directorate-General for Research and Innovation published in February 2013 a new report on *Options for Strengthening Responsible Research and Innovation (RRI)*<sup>367</sup>. Underlining the need for a comprehensive and common approach to develop processes and standards for RRI as well as for a better integration of ethical concerns, the report identifies examples of contested innovations, some of them resulting from convergence, including biotechnology, genetically modified organisms nanotechnologies, stem cell research or dual use robotics. The challenge involves managing the transition from a political to an educational level.

---

<sup>365</sup> [http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/ntw-report-alfred-nordmann\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/ntw-report-alfred-nordmann_en.pdf)

<sup>366</sup> [www.humanbrainproject.eu](http://www.humanbrainproject.eu)

<sup>367</sup> [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/options-for-strengthening\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/options-for-strengthening_en.pdf)

The evolution of scientific and technological capacities does not mean that they will be misused, as other parameters will have to come into play, such as the malevolent intention to misuse these capacities. However, integration of recent scientific and technological advances already place social, ethical and legal systems of deliberation under considerable strain and the impact of their potentially ‘transformative’ effects on human relatedness cannot be accurately anticipated. The pace of innovation is faster than the development of relevant regulations and governance mechanisms. Some committees are for example still exploring the consequences of first and second generations of nanotechnologies as the fourth one already exists.

Looking at developments in nanotechnologies, synthetic biology or neurosciences highlight some of the security, health, ethical and social challenges resulting from scientific and technological convergence and that will have to be addressed, including in the arms control field.

At the nanoscale, physicochemical properties of materials differ from those displayed by macromaterials. The lack of joint methods for describing nano-objects leads to discrepancies between threats and perceptions. Following an interdisciplinary workshop in Paris, in 2012, the Committee on Data for Science and Technology (CODATA) of the International Council for Science (ICSU) agreed to join forces with the Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) in order to develop a pre-normative project, with the drafting of a White paper defining the requirements for a description system for materials at the nanoscale. Elaborating on this paper, the next objective is then to develop a project open to international collaboration.

Besides, nanomaterials toxicology is still an emerging field. Assessment of the toxicity of nanomaterials encounters challenges as their unique properties can interfere with the use of classical toxicity assays, requiring the development of specific established methods. The lack of standardized methodology and guidelines can indeed hinder comparison of safety/toxicity assessments obtained by different research teams. Characterization of nanoparticules (size, shape, solubility to name only physical properties) is an important prerequisite in order to be able to establish a correlation between properties and biological effect. However, nanotechnologies also provide a large array of means of detecting threats before they become threats.

Synthetic biology, an emerging field characterized by a strong multidisciplinary approach with blurred boundaries, has also been identified as a Dual Use Research (DUR). On the one hand, there are many beneficial applications, mainly in the health, food, environment, energy and materials sectors, on the other hand, potential for misuse does exist. The time and costs of gene synthesis have decreased, allowing researchers to design and purchase multiple variants of the same sequence, in order to identify genes or proteins with optimized performance. Perils of synthetic biology can encompass impacts on human health and on environment, bio-errors as well as terrorism. In this context, the synthetic biology community has recognized the importance of standards and standardization. Moreover, the evaluation of the consequences of the advances in

biotechnology and nanotechnologies requires that a development of a joint evaluation methodology, if this is achievable.

Considering neurosciences, the identification of novel chemicals with the potential to affect brain or other human bodily functions raises certain questions. Social engineering is at stake in this field. Definition of acceptable risks may vary. The debate tends to focus on the safety-margin and the possibility to assess if non-lethality is achievable. However the key question should be about the consequences on the Conventions if such requirements of non-lethality were met.

Combined with institutional interests, competitive impulses and realistic fears, some rationales and rationalizations explain at least an implicit acceptance of the risks: a benefits/risks assessment favouring benefits, interests trumping fears, the case for precaution being no stronger than the case for advancement as both benefits and risks are not accurately calculable, a belief that risks/threats can be dealt with on a case-by-case basis, and a belief that the benefits will provide an edge against threats.

One may wonder whether these evolutions are comprehensively covered by the existing non-proliferation instruments, including the CWC and the BTWC. Addressing adequately and more efficiently the resulting challenges, including in the framework of the Conventions, raises the question of an improved involvement of industrial stakeholders, professional associations, national academies, and other scientific and academic actors in governance issues. Considering arms control, it is also important to identify what it can achieve and what is not relevant. It cannot deal with societal issues. For example, linking security and safety is not easy in the chemical field, but it could be useful to evaluate how environmental issues have been taken into account.

### Governance and the role of scientists

Soft regulation may offer one means of proceeding at the current time because of the uncertainty characterizing scientific and technological convergence. Devising ways to raise awareness about dual use and engaging scientists remains a key challenge. There is a need to develop national guidelines and to evaluate the possibility of launching an initiative in order to devise a global policy and a clearance mechanism for facilities and personnel involved in dual use biological and chemical research of concern. A greater role for national authorities in funding and promoting raising awareness and education should be considered. Besides, experience sharing and joint technical reviews on education could be organized between the CWC and the BTWC communities.

Experiments on the H5N1 avian flu virus triggered an important debate within the scientific community about the rationality of conducting such research and the dissemination of results including through publications and seminars. Balancing scientific openness and national security remains challenging. Compared with biosafety issues, the awareness about the risks of misuse of the life sciences remains limited. There is no coordinated top-down approach and existing curricula or training at university level or in research laboratories tend to focus on biosafety issues while biosecurity issues are far



less developed or even left out of the picture. Education of scientists is thus a key aspect, all the more so that it is difficult to ask them to provide dual use assessments if they have not received proper information. Moreover, the issue of perception is important nowadays, and needs to be addressed through educational programmes at school and at university levels. Data is just one part of the message, and it is crucial to think about the power of words and images.

Codes of conduct can prove valuable in this respect but they are not sufficient in themselves. Some may be formulated more like political instruments, laboratory staff then not knowing how they relate to their day-to-day work. As an example, an EU Code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research was adopted in 2008. Scientists were not involved in the drafting process. This led a number of stakeholders to react to the “accountability” principle which states that researchers and research organizations should remain accountable for the social, environmental and human health impact that their Nanosciences and Nanotechnologies research may impose on present and future generations. It highlights the relevance of the involvement of scientists in the process.

Recognizing these biosecurity challenges, including those generated by synthetic biology and the emergence of biohacking, the US Federal Bureau of Investigation (FBI) aims to build bridges between the science and security communities, through outreach activities, partnerships and policy making. For example, since 2009 the FBI has sponsored the International Genetically Engineering Machine Competition (iGEM), first undergraduate Synthetic Biology competition. These initiatives facilitate communication between both communities, and enable the development and dissemination of recommendations for building a collaborative framework. Exchanges work both ways, the FBI providing education while the scientific community provides feedback. The best way is to support practitioners through a cooperative, mutually beneficial approach and provide a space to report suspicious activities.

Among chemists and neuroscientists, lack of awareness about the dual use challenge also seems to be a major problem. Neuroscientists are largely ignorant of historical examples and of the potential for misuse associated with their research. To move forward requires efforts from professional bodies and an integration of these issues in the training of neuroscientists, which should be compulsory. For professionals, it may imply an organizational adaptation, based on risk assessment, to take security issues into account. It is important to acknowledge that stakeholders may have other priorities. Adopting a holistic approach, with dual use issue being one component of a broader question, may be more efficient. Moreover, it is possible to develop incentives in order to make security training valuable for employers. However, it may prove difficult to assess time, efforts and resources which will have to be devoted in order to remedy the current deficiency.

On another level, the assessment of the impact for the Conventions of scientific and technological advances and convergence would benefit from a greater involvement of

scientific, academic and industrial stakeholders. In the context of the CWC, policy advisors are already involved in various fora, such as the OPCW Technical Secretariat, meetings of experts, the Scientific Advisory Board, the Implementation assistance programme (IAP), the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) or delegations. This calls, however, for a closer look at the respective role(s) of technical experts and scientists, but also at who should be considered as such – or not –. The question of whether convergence in science should lead to convergence of the regimes is for example not one for scientists to answer. The question of independence will always be there, especially when policy and transparency issues are at stake. One should also mention activism and the role of non-governmental organizations such as the Federation of American Scientists or Pugwash conferences on Science and World Affairs, convened and led by scientists. Not undermined by subjectivity as they do not claim to be objective, they seek to exploit international scientific culture to drive political discourse.

Debate on the role of science in policy is not new but it should perhaps be more thoroughly explored. Besides, boundaries between science and policy are not respected and maintaining the perception of independence proves almost impossible. The only way in which science could maintain its autonomy and authority would be by remaining outside the policy domain altogether. From this perspective, motivating them to give expertise would however be difficult. A bottom-up initiative can only go so far without being complemented by a political approach.

### Impact of Science and Technology Convergence on the Non-Proliferation Regimes against Chemical and Biological Weapons

From an arms control perspective, convergence can be viewed as an overlap of certain technical concepts that underlie the CWC and the BTWC. It blurs the boundaries between chemical and biological agents but also affects the scientific and technological knowledge base underlying the CBW, as well as production processes, R&D and industrial practices and controls. The convergence of chemistry and biology thus has a potential impact for both Conventions, and some toxins and bioregulators fall under the scope of both. But, to go further, one can wonder how synthetic biological systems that replicate and may cause diseases should be considered. All these developments may pose new challenges but also offer opportunities to support the operation of the Conventions.

The Biological and Toxins Weapons Convention (BTWC) mentions the issue of convergence. The scientific and technological developments identified as potentially relevant for the Convention include gene synthesis, biotechnologies, nanotechnologies, bioinformatics and computational biology. Past Review Conferences have reaffirmed the scope of the BTWC article I, which covers new threats resulting from advances in the life sciences and any new biological agents, be they natural or synthetic. Each article of the Convention may nevertheless be affected by advances in the life sciences. More

specifically, the trends characterizing the scientific and technological landscape, including convergence and the increasing pace of knowledge diffusion, could for example hinder efforts of State Parties to meet their commitments under Article III of the Convention.

The BTWC includes a periodical review mechanism of new R&D developments based on national papers. Most of these reviews underline general trends in the life sciences, but they should focus more on specific issues that are most relevant to the Convention. Caution should prevail when describing progress which could potentially be misused by proliferators or non-state actors. State Parties or a UN expert group could prepare a periodical detailed report on how these developments can support the implementation of the Conventions. Considering the BTWC, they could contribute to investigations but also to the promotion of biosafety and biosecurity as well as to the improvement of disease detection and the public health response.

EU Council Position 2011/429/CFSP of 18 July 2011 relating to the position of the European Union for the Seventh Review Conference of the States Parties to the Convention stated three priorities: (a) building confidence in compliance with the BTWC, (b) supporting its national implementation, and (c) promoting its universality. From this perspective, considering the issue of convergence, a peer review mechanism appears to be a promising possibility. However, it still implies the formulation and agreement of a joint process. Developing joint assessment methodologies is also an achievable goal.

Focusing on the CWC, on the one hand, convergence may have an impact on the scope of prohibitions and for national implementation. Within the limits of the existing Schedules, it has consequences for verification of compliance, as it can affect the type of industries and the number of facilities which should be subject to declaration. For example, the question of considering biological and bio-mediated processes under the CWC would be raised. On the other hand, convergence can help to strengthen national preparedness and response capabilities, contributing to chemical warfare deterrence. It can also provide opportunities in terms of international cooperation, provided that the dual use issue is still taken into account.

One should carefully phrase a question submitted to a scientific body such as the SAB, otherwise this body will give only a scientific answer. Someone should also be tasked with scientific and technological issues in the Technical Secretariat, to examine at narrow specific issues.

Addressing these developments calls for an incremental process. It should rely on a combination of monitoring trends and evolutions, analyzing potential impacts and studying requirements for the adaptation of CWC implementation processes. Even if this is not necessary for decision-making at this stage, the following areas should be

more thoroughly studied: industry verification, national implementation and the application of the General Purpose Criterion in practice, and adaptation of ICA (International Cooperation and Assistance) models to the changing international collaboration landscape. Besides, there should be greater interaction between both the CWC and the BTWC communities.

*Rapporteur: Elisande NEXON, Fondation pour la Recherche Stratégique (France)*