

(2009) 7:2 *GenEdit*, 1-7

MODÈLE DE GOUVERNANCE DU RISQUE EN MATIÈRE DE NANOTECHNOLOGIES ÉTUDE DES LIGNES DE CONDUITE ET DES ÉNONCÉS DE POLITIQUES INTERNATIONALES

Lucie M. Bucci¹, Michèle Stanton-Jean², Bartha Maria Knoppers³

Selon les spécialistes du milieu de la recherche et du développement, la nanotechnologie est la technologie du 21^e siècle. Les percées scientifiques issues de la nanotechnologie pour la lutte contre le cancer ou l'amélioration des télécommunications sont importantes, mais elles ne sont certes pas sans risques. Au fur et à mesure que sont connues les répercussions de la nanotechnologie, on ne saurait sous-estimer celles qui affectent la société. Malgré les incertitudes qu'elle comporte, la nanotechnologie offre aussi beaucoup de promesses, notamment pour les collectivités défavorisées à travers le monde. Tout comme pour les autres technologies émergentes, il importe de trouver un équilibre entre les risques et les bénéfices. La présente étude porte sur les énoncés de politiques internationales relatives aux nanotechnologies et souligne dans quelles mesures ils orientent la gestion des risques, notamment ceux qui touchent la santé humaine.

Remerciements : Ce travail a été réalisé grâce au financement du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada. Nous voudrions également remercier Dr Denise Avard pour sa collaboration à la préparation de cet article.

¹ Lucie Marisa Bucci, M.A., professionnelle associée au Centre de génomique et politiques de l'Université McGill et du Centre d'innovation Génome Québec.

² Michèle Stanton-Jean, chercheuse invitée du Centre de recherche en droit public de l'Université de Montréal

³ Bartha Maria Knoppers, PhD, Professeure à la Faculté de Médecine de l'Université McGill et Directrice du Centre de génomique et politiques, Université McGill.

Ce texte est une traduction de l'anglais.

MISE EN CONTEXTE : LA NANOTECHNOLOGIE ET LA SCIENCE DU « PETIT »

Le terme « nanotechnologie » est un générique regroupant un ensemble de sciences et de technologies qui visent à manipuler la matière atomique à des fins définies. Qualifiée de prochaine « révolution industrielle »¹, la nanotechnologie propose de nouvelles avenues, notamment en biologie humaine et en médecine, impliquant le monitoring, la réparation, la construction et le contrôle de systèmes biologiques à l'échelle cellulaire par l'utilisation de matières et de structures élaborées au niveau moléculaire². En raison de leur caractère « nano », les propriétés de la matière organique et inorganique, telles que le format, la forme, la surface et la solubilité, peuvent être manipulées et connaître de très vastes applications³. Les nanotechnologies trouvent leurs principales applications en médecine. Par exemple, il est possible de diffuser des drogues dans des endroits ciblés de l'organisme au moyen d'adénovirus, virus utilisés comme vecteurs dotés de propriétés et de caractéristiques nanoscopiques presque parfaites, ce qui élimine plusieurs des effets secondaires des traitements pharmaceutiques classiques⁴.

collaboration

Que ce soit en oncologie ou en télécommunications, ces percées scientifiques sont majeures. Toutefois, il est clair qu'elles ne sont pas sans risques. L'une d'elles concerne la mise au point de nanoparticules dont on connaît mal les effets sur la santé humaine, du fait que l'on dispose de peu de données sur la manière dont les propriétés physiques, chimiques et biologiques des nanoparticules diffèrent de celles de leurs équivalents macroscopiques^{5,6}. En dépit de ces inconnus, l'industrie des nanotechnologies a proliféré à un rythme alarmant à travers la planète. On attribue souvent cet essor sans précédent à l'engagement des États-Unis à faire des investissements importants dans la recherche et le développement des nanotechnologies suite à l'adoption, en 2003, du *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*⁷.

Une fois ratifiée, cette politique a suscité un engouement pour la recherche et le

développement à travers le monde. Selon une étude réalisée par l'Observatoire européen des sciences et de la technologie, plus de 150 sociétés sont à mettre au point des applications médicales à partir d'un mélange de nanomatériaux, telles les nanotubes de carbone, ainsi que divers polymères et produits chimiques⁸. Des estimations récentes de la Fondation nationale des sciences des États-Unis révèlent que le marché de la recherche et développement en nanotechnologies pourrait atteindre 1 trillion de dollars en 2011/2012⁹. Il apparaît évident qu'à ce stade de recherche et développement en nanotechnologies les bénéfices commerciaux potentiels puissent être jugés beaucoup plus importants que les « risques inconnus ».

Dans un tel contexte, il est prévisible que l'avènement des nanotechnologies dans la société aura des répercussions majeures sur la santé humaine. Ces répercussions éventuelles sont au cœur des débats sur les nanotechnologies et constituent la toile de fond du présent article qui porte sur le thème de la « gouvernance du risque » selon les énoncés de politiques internationales relatives aux nanotechnologies.

DE MULTIPLES RISQUES ÉVENTUELS POUR LA SANTÉ HUMAINE

Bien que les nanotechnologies suscitent beaucoup d'espoir et d'enthousiasme dans un grand nombre de domaines, leurs risques potentiels pour la santé humaine sont largement documentés. À l'heure actuelle, on sait que les nanoparticules et la nanomatériau se retrouvent naturellement dans notre environnement. On peut également en trouver sous forme de sous-produits ou à la suite de réactions chimiques de nanomatériaux fabriqués¹⁰. Nombreux sont ceux qui prétendent que ces nanoparticules fabriquées utilisées dans la production de biens commerciaux seront éventuellement diffusées dans l'environnement et contamineront les sources d'eau et d'alimentation¹¹. Par ailleurs, d'autres estiment que les matières nanoscopiques sont « petites, donc moins dangereuses », ou encore « identiques aux matières courantes mais à plus petite échelle ». Néanmoins, au fur et à mesure

que l'on étudie les caractéristiques des nanoparticules, il devient évident que cette façon de voir n'est pas tout à fait exacte.

Des recherches scientifiques récentes révèlent que les matières à l'échelle « nano » présentent des propriétés physiques, chimiques et biologiques très différentes de celles de leurs équivalents macros¹². La taille, la géométrie et la solubilité sont autant de propriétés qui rendent les nanoparticules particulièrement sensibles à la complexité de la réaction toxique¹³. Ces particules peuvent pénétrer l'organisme via la peau, les narines ou la voie gastro-intestinale et s'y disséminer par les fluides rachidiens, les neurones et les voies respiratoires supérieures. Il ressort d'un ensemble de preuves que l'exposition directe aux nanomatériaux active les mécanismes de défense de l'organisme, notamment les réactions inflammatoires et les réactions au stress oxydatif, de même que l'immunité naturelle et adaptative¹⁴. De nombreux scientifiques ont également observé que ces particules se logent dans les voies nasales où elles sont absorbées par les nerfs olfactifs et transmises au-delà de la barrière hématoencéphalique, directement dans les cellules du cerveau¹⁵. On présume également que d'autres effets des nanoparticules sur la santé peuvent ne pas se manifester pendant des années; c'est le cas des produits nanotechnologiques de quatrième génération, basés sur des systèmes moléculaires construits du bas vers le haut^{16, 17}.

La complexité des nanoparticules s'accroît de façon exponentielle du fait qu'elles sont malléables et qu'elles peuvent être « refaçonnées » sous forme d'autres composés chimiques et constituer des produits tout à fait nouveaux. En l'absence de méthodes de mesure validées et de données de référence pour déterminer la nature des nanoparticules fabriquées, les effets de ces dernières peuvent demeurer inconnus pour toujours¹⁸. Présentement, on évalue à plus de 50 000 les types de nanomatériaux; toutes possèdent des caractéristiques uniques, ayant des effets potentiels sur la santé. À défaut de données plus précises, certains universitaires, comme Simon Brown, professeur au Département de physique et d'astronomie de l'université de Canterbury en Nouvelle-

Zélande, proposent que les responsables des politiques se concentrent sur la véritable problématique, à savoir la mise au point d'une stratégie de gouvernance du risque régissant ce qui se fait maintenant et ce qui est prévisible¹⁹. Selon Brown, « [c'est la manière] de surmonter ce déficit de connaissances et cette « paralysie issue de l'analyse » avec lesquels nous sommes aux prises actuellement »²⁰.

LA NOTION DE GOUVERNANCE DU RISQUE

Le modèle de gouvernance du risque, mentionné pour la première fois dans l'étude de l'Organisation de coopération et de développement économiques et la compagnie d'assurance *Allianz Group*²¹, *Small Sizes that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnology*, a été remanié par l'*International Risk Governance Council (IGRC)*, une fondation indépendante de gouvernance du risque²², qui en fait un cadre de travail conceptuel en nanotechnologie. Ce modèle de gouvernance du risque insiste particulièrement sur la nécessité de faciliter l'interaction des principales parties prenantes et institutions dans l'atteinte d'objectifs précis.

S'écartant de la notion classique d'un gouvernement et de ses institutions, le modèle de gouvernance du risque englobe toutes les décisions et actions liées au risque; il s'avère particulièrement utile dans les cas où la nature du risque exige la collaboration et la coordination de diverses agences et parties prenantes (ou en l'absence de toute autorité décisionnelle); il fait appel à l'examen de facteurs contextuels tels que : a) les arrangements institutionnels (cadre réglementaire et juridique et mécanismes de coordination - marchés, incitatifs ou normes volontaires); et b) la culture et les perceptions sociopolitiques²³. L'*International Risk Governance Council (IRGC)* énonce d'autres caractéristiques plus fondamentales de la gouvernance du risque concernant l'amélioration d'une base de connaissances, le renforcement des structures et des méthodes de gouvernance du risque et la promotion des communications entre parties prenantes²⁴.

Comme c'est le cas pour toutes les nouvelles technologies, la prévalence de

conséquences incertaines soulève des préoccupations au plan international. Celles-ci ont suscité un appel à la prudence dans la gestion des risques liés aux nanotechnologies, tout comme un intérêt grandissant envers l'établissement d'un cadre de gouvernance du risque.

RECENSEMENT DES ÉNONCÉS DE POLITIQUES INTERNATIONALES

Nous avons tenté d'étudier comment les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux, à divers niveaux de compétence, abordent ces risques. Nous avons écarté les énoncés de politique issus des groupes d'intérêt de consommateurs qui interviennent activement dans le domaine. Pour repérer ces politiques, nous avons analysé les ressources en ligne utilisant des bases de données telles que NIOSH²⁵, ICON²⁶, NELSI Global, base de données de l'OCDE²⁷, le document de l'Institut Woodrow Wilson - *Project on Emerging Nanotechnologies*²⁸, ainsi que des catalogues traitant du risque des nanotechnologies. À partir de mots-clés tels que « nanotechnologie, réglementation, risque, santé humaine, éthique, sécurité, gouvernance, toxicité et politique », nous avons relevé 13 politiques régissant directement les risques des nanotechnologies pour la santé; trois d'entre elles traitaient en détail de la notion de gouvernance du risque.

La réflexion qui suit porte principalement sur les résultats de la recherche portant sur le thème de la gouvernance du risque dans le domaine des nanotechnologies.

LES RÉSULTATS

Notre recensement a fourni une variété d'énoncés de politiques émanant de divers niveaux de compétences, principalement au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Australie et en France. Nous avons également repéré d'autres énoncés de politique et rapports pertinents venant d'organismes gouvernementaux et non gouvernementaux supranationaux tels que la Commission européenne, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

L'énoncé de politique le plus remarquable, le premier à traiter de la question du risque, est celui de la *Royal Society* et de la *Royal Academy of Engineering*²⁹ qui s'intitule : « Nanoscience and Nanotechnology: Opportunities and Uncertainties ». Cet énoncé fait état des inquiétudes quant aux risques pour la santé de la production de nanoparticules et de nanotubes libres. En conséquence, « tous les organismes de réglementation [devraient] vérifier si leurs réglementations protègent les humains et l'environnement des dangers recensés dans ce rapport [...] »³⁰.

L'énoncé de politique reprend le thème pertinent du risque et reconnaît la nécessité de poursuivre les recherches sur les effets inconnus liés à la santé. D'autres agences gouvernementales et non gouvernementales font part des mêmes préoccupations. C'est le cas du Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies³¹, de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)³², de la *Swiss RE*³³, du Conseil international de gouvernance du risque³⁴ et du Conseil des académies canadiennes³⁵.

Comme les nanotechnologies sont complexes³⁶, il est difficile de définir et de distinguer entre les nanoparticules qui présentent diverses problématiques de risque³⁷. Plusieurs énoncés de politiques font état de ces défis. Par exemple, le Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies recommande de « faire de nouvelles recherches sur la [santé] et la sécurité des nanoproducts et qu'à défaut de recherche stratégique sur le risque, la confiance du public envers les nanotechnologies pourrait être amoindrie en raison des dangers réels qu'il perçoit »³⁸. Le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé prétend que si l'on n'évalue pas correctement les risques des nanoproducts sur la santé, les conséquences peuvent être sérieuses et qu'il est urgent de mettre au point un système d'estimation de ces risques³⁹.

En 2006, l'IRGC a publié un livre blanc dans lequel il présentait, en première, un cadre de gouvernance du risque; ce dernier comprenait deux cadres distincts d'évaluation du risque (avantages du risque et perception du risque) à l'intérieur d'une feuille de route pour le développement des

nanotechnologies dans l'avenir⁴⁰. Ces cadres d'évaluation sont établis en fonction du niveau de complexité des nanoproduits, de leur évolution ainsi que de leurs conséquences au plan éthique. Selon l'IRGC, « le cadre n° 1 traite des nanostructures relativement simples ou peu réactives, au comportement stable, tandis que le cadre n° 2 concerne les nanostructures et les nanosystèmes plus complexes et/ou plus évolutifs-actifs, dont certains ont comme élément structural de base des éléments moléculaires ou des biostructures⁴¹.

Dans sa publication de 2004 intitulée *Nanotechnology: Small Matter, Many Unknowns*, la *Swiss RE* poursuit l'exploration et fait ressortir les conditions essentielles au succès d'une stratégie de gestion du risque⁴². Elle soutient que la communication sur le risque est inexistante. De son côté, *l'Innovation Society* propose d'élaborer des définitions, des normes, des pratiques exemplaires et de coordonner les démarches au plan international⁴³. L'OCDE et le *Allianz Group* y ajoutent la nécessité du libre accès⁴⁴. Enfin, la Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (COMEST), dans son rapport de 2007, traite de l'importance d'intégrer, à ces modèles et cadres de gouvernance de risques, des notions éthiques telles que la responsabilité envers le public, la transparence, de même que l'éducation du public sur les questions sociales et éthiques soulevées par des nanoproduits destinés à la consommation⁴⁵.

CONCLUSION

Nous avons recensé un ensemble d'énoncés de politiques sur le thème de la gouvernance du risque en nanotechnologie. En outre, il nous est apparu que la notion de gouvernance du risque est tributaire de l'établissement de normes sur la santé et la sécurité, de la mise au point d'instruments de mesure adéquats, de l'élaboration d'une terminologie commune, de la communication quant aux risques relatifs ainsi que de la formulation d'une politique claire et fiable en matière de risque⁴⁶. En l'absence d'un cadre de gouvernance du risque, il y a danger que les différents cadres de réglementation élaborés par diverses instances inciteront les sociétés de

recherche et développement à faire des recherches à partir de pays où il y a peu de restrictions et de contrôle pour la santé et la sécurité, surtout du fait que la concurrence mondiale pour les produits des nanotechnologies s'accroît. Le cas échéant, la santé des travailleurs et des consommateurs pourrait être compromise dans ces pays ainsi que dans d'autres collectivités⁴⁷.

À l'heure actuelle, le modèle global de gouvernance du risque fournit un cadre selon lequel on pourra entreprendre l'élaboration d'une stratégie de gouvernance du risque à l'échelle internationale. En résumé, le cadre de gouvernance du risque favorise les échanges entre l'industrie, les gouvernements et les universitaires, il réunit les parties prenantes privées et commerciales en recherche et développement, tout en fournissant une base de données probantes suffisantes. S'il est bien géré, ce modèle pourrait aussi renforcer les structures et les méthodes de gestion par l'entremise d'un organisme international qui pourrait implanter des outils et des lignes de conduite visant à minimiser les risques pour la santé.

Le succès de ce modèle réside toutefois dans sa capacité d'évoluer au rythme de l'industrie des nanotechnologies. Sa longévité tient à l'adoption de ses politiques par les instances à divers niveaux. Les avantages potentiels du modèle de gouvernance du risque sont l'intégration et l'évaluation des risques pour la santé, de même que des préoccupations éthiques, juridiques et sociales, à savoir les paramètres utilisés aux fins des discussions sur les répercussions sociales et ultimement sur l'acceptation éventuelle de ces technologies nouvelles.

Au fur et à mesure que progressent les connaissances sur les risques des nanoparticules pour la santé, plusieurs organismes gouvernementaux et non gouvernementaux prétendent qu'il faut instaurer une démarche de gouvernance du risque en vue de faire connaître les risques connus et inconnus liés aux nanotechnologies. En réalité, depuis l'achèvement de la présente étude, on a constaté une augmentation constante du

nombre de politiques susceptibles de servir de cadre à une surveillance des risques. Présentement, les gouvernements ont du mal à implanter de nouvelles structures réglementaires dans leur propre pays au même rythme que celui des innovations dans le domaine des nanotechnologies; par ailleurs, en l'absence de données issues de

la recherche, ce travail se révélera de plus en plus difficile⁴⁸. L'incertitude scientifique persistante limite également l'efficacité des cadres réglementaires actuels. Un modèle global de gouvernance du risque demeure donc une option qu'il importe d'étudier et de discuter.

¹ Fritz Allhoff, « The Coming Era of Nanomedicine » (2009) 9 *The American Journal of Bioethics* 3.

² Liangfang Zhang *et al.*, « Nanoparticles in medicine: therapeutic applications and developments » (2008) 83 *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 761.

³ Allhoff, *supra* note 1.

⁴ Ravi Singh et Kostas Kostarelos, « Designer Adenoviruses for Nanomedicine and Nanodiagnosics » (2009) 27 *Trends in Biotechnology* 220.

⁵ David B. Resnik et Sally S. Tinkle, « Ethical Issues in Clinical Trials Involving Nanomedicine » (2007) 28 *Contemporary Clinical Trials* 433.

⁶ John Clarence Davies, Project on Emerging Nanotechnologies, *Managing the Effects of Nanotechnology*, (Washington, D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2006).

⁷ *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*, 15 U.S.C., § 189 (2003).

⁸ Zhang *et al. supra* note 2.

⁹ Inderscience Publishers, « Nanotech Protection: Current Safety Equipment May Not Be Adequate » (16 October 2009), en ligne : ScienceDaily <<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091013112524.htm>> (anglais seulement).

¹⁰ Debasmita Patra, Haribabu Ejnavarzala et Prajit K. Basu, « Nanoscience and Nanotechnology: Ethical, Legal, Social and Environmental Issues » (2009) 96 *Current Science* 651.

¹¹ *Ibid.*

¹² Clarence Davies, *supra* note 6.

¹³ Erik K. Richman et James E. Hutchison « The Nanomaterial Characterization Bottleneck » (2009) 3 *ACS Nano* 2443.

¹⁴ Resnik et Tinkle, *supra* note 5 at 436.

¹⁵ Patra, Ejnavarzala et Basu, *supra* note 10; Royal Academy of Engineering and Royal Society, *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunity and Uncertainties* (London, 2004); Ernie Hood, « Fullerenes and Fish Brains: Nanomaterials Cause Oxidative Stress » (2004) 112 *Environ. Health Perspect.* A568.

¹⁶ Allhoff, *supra* note 1.

¹⁷ Kshitij A. Singh, « Risk Governance in Nanotechnology » (2006) *Nanoforum*, en ligne : Institute of Nanotechnology <http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~415~.html?action=longview_publication&> (anglais seulement).

¹⁸ Treye Thomas *et al.*, « Moving Toward Exposure and Risk Evaluation of Nanomaterials: Challenges and Future Directions » (2009) 1 *WIREs Nanomedicine and Nanotechnology* 426.

¹⁹ Simon Brown, « The New Deficit Model » (2009) 4 *Nature Nanotechnology* 609.

²⁰ *Ibid.*

²¹ Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Allianz Group, *Small Sizes that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies* (2005), en ligne:

<<http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>> (anglais seulement).

²² International Risk Governance Council, *White Paper on Nanotechnology Risk Governance* (2006), en ligne :

<http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_white_paper_2_PDF_final_version-2.pdf> (anglais seulement).

²³ *Ibid.*

²⁴ International Risk Governance Council (IRGC), *Nanotechnology Risk Governance: Recommendations for a Global, Coordinated Approach to the Governance of Potential Risks* (2007), en ligne : <http://www.irgc.org/IMG/pdf/PB-nanoFINAL2_2.pdf> (anglais seulement).

²⁵ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), en ligne : <<http://www.cdc.gov/niosh/>> (anglais seulement).

²⁶ International Council on Nanotechnology (ICON), en ligne : <<http://icon.rice.edu/research.cfm>> (anglais seulement).

²⁷ Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), en ligne : <<http://oberon.sourceoecd.org/vl=986938/cl=23/nw=1/lg=fre/rpsv/home.htm>>.

²⁸ Woodrow Wilson Institute, en ligne : <http://www.wilsoncenter.org/index.cfm?topic_id=166192&fuseaction=topics.home> (anglais seulement).

²⁹ Royal Academy of Engineering and Royal Society, *Nanoscience and Nanotechnology: Opportunities and Uncertainties* (2004), en ligne : <<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>> (anglais seulement).

³⁰ *Ibid.*

³¹ Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies, *Aspects éthiques de la nanomédecine* (2007), en ligne :

<http://ec.europa.eu/european_group_ethics/activities/docs/opinion_21_nano_en.pdf> (anglais seulement).

³² OCDE et Allianz Group, *supra* note 21.

³³ Swiss RE: Center for Global Dialogue, « The Risk Governance of Nanotechnology: Recommendations for Managing a Global Issue » (Conference report from the Swiss Re Conference, 6-7 July 2006) (2007), en ligne : <<http://www.centreforglobaldialogue.net/INTERNET/rschwep.nsf/vwPagesIDKeyWebLu/GLBH-743CKG?OpenDocument>> (anglais seulement).

³⁴ IRGC, *supra* note 24.

³⁵ Conseil des académies canadiennes (CAC), *Petit et différent : perspective scientifique sur les défis réglementaires du monde nanométrique* (2008), en ligne : <[http://www.sciencepourlepublic.ca/documents/\(2008_07_10\)_Report_on_Nanotechnology_FR.pdf](http://www.sciencepourlepublic.ca/documents/(2008_07_10)_Report_on_Nanotechnology_FR.pdf)>.

³⁶ *Ibid.*

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies, *supra* note 31.

³⁹ Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE), *Questions éthiques posées par*

les nanosciences, les nanotechnologies et la santé (2007), en ligne : <<http://www.ccne-ethique.fr/docs/fr/avis096.pdf>>.

⁴⁰ IRGC, *supra* note 24.

⁴¹ *Ibid.*

⁴² Swiss RE, *supra* note 33.

⁴³ The Innovation Society, *Nano-Regulation: A Multi-Stakeholder-Dialogue-Approach Towards a Sustainable Regulatory Framework for Nanotechnologies and Nanosciences* (2006), en ligne :

<http://www.innovationsgesellschaft.ch/images/publikationen/Nano_Regulation_final3.pdf> (anglais seulement).

⁴⁴ OCDE et Allianz Group, *supra* note 21.

⁴⁵ Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (COMEST), *Les nanotechnologies et l'éthique: politiques et stratégies* (2007), en ligne :

<<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001521/152146f.pdf>>.

⁴⁶ FramingNano Report, *Mapping Study on Regulation and Governance of Nanotechnologies* (2009), en ligne : FramingNano, <www.framingnano.eu> (anglais seulement).

⁴⁷ Regulatory Governance Initiative, *International Approaches to the Regulatory Governance of Nanotechnology* by Jennifer Pelley & Marc Saner (Ottawa, Canada: Regulation Papers 54, 2009).

⁴⁸ IRGC, *supra* note 24.