

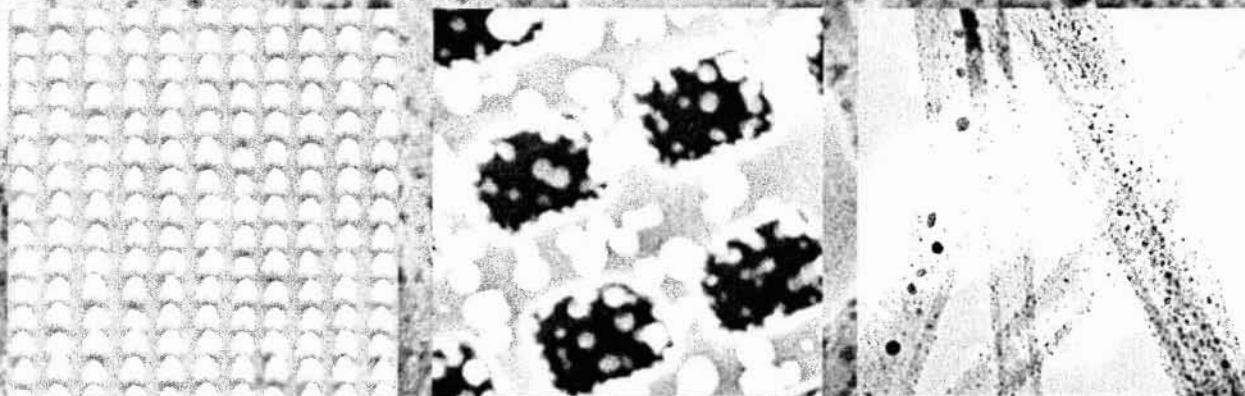
267

DD1

Projet d'aménagement d'un parc éolien dans la
MRC de l'Érable

6211-24-020

éthique et nanotechnologies



se donner les moyens d'agir

COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

AVIS

Éthique et nanotechnologies :
se donner les moyens d'agir

Québec 

Commission de l'éthique de la science et de la technologie

1200, route de l'Église
3^e étage, bureau 3.45
Québec (Québec)
G1V 4Z2

En soutien à la réalisation de l'Avis

Coordination et supervision

Diane Duquet

Secrétaire de réunion

Emmanuelle Trottier

Recherche et rédaction

Emmanuelle Trottier et Diane Duquet, avec la collaboration d'appoint de Marco Blouin

Soutien technique

Documentation

Monique Blouin

Communication et supervision de l'édition

Katerine Hamel

Révision linguistique

Le Graphe

Conception graphique de la couverture

Normand Bastien

Avec le soutien financier de la Société pour la promotion
de la science et de la technologie

Conception et mise en pages

Éditions MultiMondes

Impression

K2 Impressions

Avis adopté à la 25^e réunion de la Commission de l'éthique de la science et de la technologie
le 14 juin 2006

© Gouvernement du Québec 2006

Dépôt légal: 4^e trimestre 2006

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

ISBN-10: 2-550-47480-5

ISBN-13: 978-2-550-47480-7

Pour faciliter la lecture du texte, le genre masculin est utilisé sans aucune intention discriminatoire.

Les membres du Comité de travail

SABIN BOHLY, président

Consultant Valorisation-Innovation
Membre de la CEST

D^r FRANÇOIS A. AUGER

Département de chirurgie
Université Laval
Directeur du Laboratoire d'organogénèse
expérimentale (LOEX)

DAVID CARTER

Conseiller scientifique en biotechnologie
Ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs (Québec)

SYLVAIN COFSKY

Directeur développement industriel et régional
NanoQuébec

ÉRIC DAVID

Département de génie mécanique
École de technologie supérieure
Chaire de recherche en matériaux et équipements
de protection utilisés en santé et sécurité au travail
IRSST/ÉTS

ÉDITH DELEURY

Présidente de la CEST
Faculté de droit
Université Laval

ANDRÉ DORÉ*

Retraité de l'enseignement

BENOÎT GAGNON

Chaire Raoul-Dandurand en études stratégiques
et diplomatiques à l'UQÀM
Membre de la CEST

PETER GRÜTTER

Département de physique
Université McGill
Directeur scientifique de NanoPic (CRSNG)

MARK HUNYADI

Faculté de philosophie
Université Laval

MICHÈLE S. JEAN

Centre de recherche en droit public
Université de Montréal
Présidente de la Commission canadienne
pour l'UNESCO
Membre de la CEST

TEODOR VERES

Chef de groupe
Nanomatériaux fonctionnels
Conseil national de recherches Canada

OBSERVATEURS:

BENOÎT LUSSIER

Conseiller en technologies stratégiques –
nanotechnologies
Ministère du Développement économique,
de l'Innovation et de l'Exportation (Québec)

DENIS GODBOUF

Terminologue
Office québécois de la langue française

DU SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION

Diane Duquet, coordonnatrice de la CEST
Emmanuelle Trottier, conseillère en éthique

* Précision apportée à la demande de M. André Doré, en date du 11 mars 2006: « Compte tenu du caractère historiquement nord-américain de l'activité économique du Québec et de son mode de "gouvernance rationnelle", je tiens à dire que la science et l'acceptation par les marchés devront être les deux premiers critères à respecter dans l'élaboration de toute réglementation du secteur des nanotechnologies. »

Table des matières

Liste des sigles et acronymes.....	xvii
Résumé, recommandations et commentaires.....	xix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 – UN NOUVEAU MONDE EN ÉMERGENCE: L'UNIVERS DES NANOTECHNOLOGIES.....	5
Un monde à découvrir	5
Nanoscience et nanotechnologie: l'échelle du nanomètre	7
Aspects marquants à considérer: une prémisse au questionnement éthique.....	8
La taille d'un composant nanométrique.....	8
Les propriétés nouvelles de la matière nanométrique.....	8
La manipulation de la matière.....	9
La multidisciplinarité et la convergence disciplinaire	10
Un engouement généralisé.....	10
Les grands secteurs d'intervention	12
Les nanomatériaux.....	12
La nanoélectronique.....	13
La nanobiotechnologie et la nanomédecine	14
La nanométrie	14
Des attentes et des préoccupations à considérer	15
Un aperçu des bénéfices escomptés.....	15
Dans le domaine de la santé.....	15
Dans le domaine de l'environnement	17
Dans le domaine des technologies de l'information	18
Dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation	19
Entre la fiction et la réalité.....	19
L'autoréplication de nanorobots et l'écophagie globale	20
Des promesses parfois irréalistes	21
Des questions à soulever, des valeurs à privilégier	21

CHAPITRE 2 – REGARD SUR LES MODALITÉS D'ENCADREMENT DU SECTEUR.....	25
Le risque et les nanotechnologies.....	25
La nature des risques à considérer.....	26
Les modalités d'évaluation et de gestion du risque: quelques constats et interrogations.....	27
L'encadrement actuel.....	28
Lois et règlements canadiens.....	29
Lois et règlements québécois.....	30
Instruments internationaux.....	31
En soutien à l'industrie.....	32
Des approches responsables pour composer avec le risque.....	33
Le principe de précaution.....	33
Quelques mises au point.....	34
Des mesures pour l'action.....	36
L'approche « cycle de vie » dans la perspective du développement durable.....	38
CHAPITRE 3 – NANOTECHNOLOGIES: PRÉOCCUPATIONS D'ORDRE ÉTHIQUE.....	41
Des exigences fondamentales comme prémisses.....	41
La nécessité d'établir une terminologie et une nomenclature scientifiques communes.....	41
L'importance de mettre sur pied des procédures et des standards.....	42
La poursuite de la recherche et la diffusion des résultats.....	43
Préoccupations éthiques associées aux produits issus des nanotechnologies.....	44
En matière de santé humaine.....	44
Santé et sécurité.....	44
<i>La protection des travailleurs</i>	44
<i>La protection de la population</i>	47
Les applications dans le domaine de la santé.....	48
<i>L'éthique de la recherche biomédicale</i>	49
<i>Diagnostics et applications thérapeutiques</i>	50
En matière d'environnement.....	51
En matière de sécurité.....	53
Dans le domaine militaire.....	53
<i>Quelques exemples d'applications « nanomilitaires »</i>	54
<i>Un aperçu des préoccupations éthiques</i>	55
Dans la société civile.....	56

Des préoccupations associées à la convergence des connaissances et des technologies	57
L'identité humaine dans un contexte d'optimisation des performances	57
Le rapport de l'être humain avec la nature	59
Préoccupations éthiques non exclusives aux nanotechnologies.....	60
En lien avec la gouvernance.....	60
La légitimité et la transparence du processus décisionnel.....	61
Les mesures d'encadrement et de reddition de comptes.....	63
En lien avec l'activité économique liée aux nanotechnologies	64
Les choix éthiques dans le développement de l'activité économique liée aux nanotechnologies au Québec.....	64
Le fossé nanotechnologique dans le contexte de la mondialisation des marchés.....	65
<i>L'orientation de la R-D nanotechnologique</i>	65
<i>La possession de l'expertise en nanotechnologies</i>	66
La propriété intellectuelle et la gestion des brevets	66
La collecte de renseignements personnels.....	68
En lien avec la citoyenneté et l'innovation technologique.....	70
CONCLUSION	73
Glossaire	75
Bibliographie.....	83
Sites suggérés.....	107
Annexes	
Annexe 1 : Quelques exemples d'applications des nanotechnologies.....	111
Annexe 2 : Aperçu prospectif d'applications des nanotechnologies.....	113
Annexe 3 : Questionnement relatif aux divers enjeux des nanotechnologies	117
Les activités de consultation et d'information de la Commission	119
Les membres de la Commission de l'éthique de la science et de la technologie.....	121

Liste des sigles et acronymes

ACV	Analyse du cycle de vie
ADN	Acide désoxyribonucléique
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Québec)
CCST	Conseil consultatif des sciences et de la technologie (Canada)
CCSTPM/PMACST	Conseil consultatif des sciences et de la technologie du Premier ministre/Prime Minister's Advisory Council on Science and Technology (Canada)
CIRAIG	Centre interuniversitaire de référence sur l'analyse, l'interprétation et la gestion du cycle de vie des produits, procédés et services (Québec)
COMEST	Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (UNESCO)
CRSNG/NSERC	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada/Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail (Québec)
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (États-Unis)
DDT	Dichlorodiphényltrichloréthane
EPA	Environmental Protection Agency (États-Unis)
EPTC	Énoncé de politique des trois conseils subventionnaires fédéraux canadiens
ESAA	Environmental Services Association of Alberta (Canada)
FDA	Food and Drug Administration (États-Unis)
FQRNT	Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies
FQRSC	Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture
FRSQ	Fonds de la recherche en santé du Québec
GEALS	Genomics: Ethics, Environment, Economics, Law, and Society
ICON	International Council on Nanotechnology
IRM	Imagerie par résonance magnétique
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (Québec)
ISO	Organisation internationale de normalisation
LED	Diode électroluminescente
NANOPIC	Plate-forme d'innovation du CRSNG en nanoscience et en nanotechnologie
NBIC	Nanotechnology, biology, information technology and cognitive science (en référence à la convergence de la nanotechnologie, de la biologie, des technologies de l'information et des sciences cognitives)

NEELS	Nanotechnology: Ethics, Environment, Economics, Law and Society
NIH	National Institutes of Health (États-Unis)
NIST	National Institute of Standard and Technology (États-Unis)
NNI	National Nanotechnology Initiative (États-Unis)
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale (Nations Unies)
OCDE/OECD	Organisation de coopération et de développement économiques (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OGM	Organisme génétiquement modifié
ONU	Organisation des Nations Unies
OQLF	Office québécois de la langue française
PEBBLE	Probes Encapsulated by Biologically Localized Embedding
PME	Petites et moyennes entreprises
PNB	Produit national brut
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
R-D	Recherche et développement
RFID	Identification par radio-fréquence (Radio Frequency Identification)
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (États-Unis)
SIMDUT	Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (Canada)
SOLAS	Safety of Life at Sea
SPM	Microscopie en champ proche
STM	Microscopie à effet tunnel
TDAH/ADHD	Trouble déficitaire d'attention avec hyperactivité (Attention Deficit Hyperactivity Disorder)
TIC	Technologies de l'information et de la communication
UICN	Union mondiale pour la nature
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
WWF	Organisation mondiale de protection de l'environnement

Des approches responsables pour composer avec le risque

Il arrive rarement, dans une société, qu'il soit possible de s'interroger tôt sur l'importance d'encadrer le développement et l'émergence d'une nouvelle technologie. Si cela n'a certes pas été le cas pour la génomique, la transgénése ou les technologies de l'information et de la communication, le contexte pourrait s'y prêter pour les nanotechnologies. Il importe donc de se demander s'il faut encadrer cette technologie et dans quelle mesure. Pour certains, il n'y a pas lieu de légiférer sur les nanotechnologies¹⁴²; d'autres croient au contraire que c'est pertinent¹⁴³, alors que pour d'autres encore l'imposition d'un moratoire sur les nanotechnologies apparaît comme la seule solution possible¹⁴⁴. Dans l'état actuel des choses, la Commission s'est interrogée sur deux approches à considérer relativement à l'encadrement des nanotechnologies : le recours au principe de précaution et l'approche « cycle de vie ».

Le principe de précaution

Considérant l'incertitude et l'ignorance quant aux répercussions possibles des nanotechnologies sur la santé et sur l'environnement, bon nombre de textes consacrés aux nanotechnologies font référence au principe de précaution, généralement pour souligner l'absence d'un véritable consensus sur sa définition et la difficulté de sa mise en application sans nuire aux progrès de la science. Il n'y a pas, non plus, de position commune sur le rôle qu'il peut jouer dans le processus d'analyse du risque¹⁴⁵.

Dans son avis de 2003 sur les OGM¹⁴⁶, la Commission préconisait le recours à une « approche » de la précaution en la matière, considérant qu'une telle orientation permettait plus de souplesse que le recours à un principe formel, comme celui de la précaution; cette décision s'appuyait également sur la confusion qui règne autour du sens exact à donner à ce principe et sur la difficulté qui en découle pour une utilisation conforme à l'esprit du principe. Dans le cadre du présent avis, la Commission estime toutefois pertinent de revenir sur le sujet et de considérer la question du principe de précaution au regard des nanotechnologies, en s'appuyant, entre autres, sur la tenue d'un séminaire qu'elle a organisé sur ce thème en novembre 2005. Elle le fait dans un double objectif : déterminer si un appel au principe de précaution plutôt qu'à une « approche » de précaution se justifie dans le contexte des nanotechnologies et combattre, dans une mesure même modeste, le recours de plus en plus courant à ce principe pour justifier l'absence de décision. À noter que, pour l'UNESCO, « le principe se réfère à la base philosophique de la précaution et l'approche à son application pratique¹⁴⁷ ».

L'UNESCO propose la définition suivante du principe de précaution : « Lorsque des activités humaines risquent d'aboutir à un danger moralement inacceptable, qui est scientifiquement plausible mais incertain, des mesures doivent être prises pour éviter ou diminuer ce danger¹⁴⁸. » Comme la plupart des autres définitions sur le sujet, elle s'inspire de celle qui a été adoptée lors du Sommet de la Terre tenu à Rio en juin 1992 : « Principe 15 : Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États selon leurs capacités.

142. C'est l'avis émis par THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (Royaume-Uni), *op. cit.*, dont les auteurs recommandent néanmoins un suivi vigilant de l'évolution de la technologie.

143. Parmi d'autres possibilités, J. Clarence DAVIES, du WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER FOR SCHOLARS, *op. cit.*, propose un ensemble de mesures, dont une loi spécifique pour gérer les risques associés aux nanotechnologies.

144. Comme le demande le Groupe canadien ETC GROUP – EROSION, TECHNOLOGY AND CONCENTRATION, par exemple. Voir « No Small Matter II: The Case for a Global Moratorium. Size Matters ! », *Occasional Paper Series*, vol. 7, n° 1, avril 2003 [en ligne] http://www.etcgroup.org/documents/Occ.Paper_Nanosafety.pdf.

145. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Incertitude et précaution : incidences sur les échanges et l'environnement*, Groupe de travail conjoint sur les échanges et l'environnement, 5 septembre 2002, p. 14 [en ligne] [http://www.oilis.oecd.org/olis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee798a7c482bccb43afc1256c2b003fe2ce/\\$FILE/JT00130908.PDF](http://www.oilis.oecd.org/olis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee798a7c482bccb43afc1256c2b003fe2ce/$FILE/JT00130908.PDF).

146. COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE, *Pour une gestion éthique des OGM*, *op. cit.*, p. 54-56.

147. COMMISSION MONDIALE D'ÉTHIQUE DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET DES TECHNOLOGIES – COMEST, *Le principe de précaution*, Paris, UNESCO, 2005, p. 23 [en ligne] <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578f.pdf>

148. *Ibid.*, p. 14.

En cas de risques de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement¹⁴⁹. » Au fil des ans, cette définition s'est étendue à d'autres domaines que l'environnement, notamment à la santé publique, et a été complétée dans certains cas par un ajout à saveur économique selon lequel les mesures préventives devaient être prises « à un coût économiquement acceptable¹⁵⁰ ».

Quelques mises au point

Quelles que soient les définitions retenues ou la terminologie utilisée, il existe une confusion majeure dans la compréhension du principe, confusion qui porte sur la notion de risque (en matière d'occurrence et de conséquences), de même que sur les distinctions à faire sur l'état des connaissances et entre les notions de prudence, de prévention et de précaution dans la prise de décision. Cette confusion se situe également autour de préjugés qui font du principe de précaution un principe paralysant, exigeant que toute absence de risque soit démontrée. C'est pourquoi, dans les paragraphes qui suivent, la Commission a jugé nécessaire de faire le point¹⁵¹.

Danger, risque, risque avéré, risque hypothétique. Un danger « menace ou compromet la sûreté, l'existence de quelqu'un ou de quelque chose » (*Le Robert*), alors que le risque « est un danger éventuel plus ou moins prévisible » (*Le Robert*). Selon ces définitions, il est possible de dire qu'un danger existe en soi, de façon absolue, mais que c'est la probabilité d'occurrence d'un danger qui en fait un risque. Le risque avéré est celui dont l'existence a été démontrée; toutefois, selon le cas, sa probabilité d'occurrence peut être calculée – de faible

à extrême, jamais nulle¹⁵² – ou non (dans un contexte d'incertitude scientifique, par exemple, comme celui de la grippe aviaire). Quant au risque hypothétique (ou potentiel), il n'est pas démontré – il peut d'ailleurs ne pas être démontrable; il ne permet pas un calcul de ses probabilités d'occurrence, mais est tout de même plausible sur la base du sens commun ou de l'expérience passée (il n'est pas l'expression d'une crainte farfelue). D'une certaine façon, c'est l'affirmation qu'il y a un risque qu'un risque existe... et que l'événement craint peut ne jamais se produire (attitude optimiste) ou, à l'extrême, qu'il se produira de façon quasi certaine (attitude catastrophiste). En matière d'hypothèse, il n'est pas inutile de souligner que toutes les hypothèses n'ont pas la même valeur et que ce n'est pas parce qu'une hypothèse de risque est formulée qu'il faut tenter de l'éviter à tout prix¹⁵³.

Risque déraisonnable, dommageable, irréversible, ou danger moralement inacceptable. Aux deux extrémités d'un continuum, les conséquences possibles (avérées ou hypothétiques) d'un risque peuvent être bénignes ou funestes, avec tout un spectre de possibilités entre les deux, allant du moins dommageable au plus dommageable. Pour l'UNESCO, « le danger moralement inacceptable est un danger pour les humains ou pour l'environnement qui est :

- menaçant pour la vie ou la santé humaine, ou bien
- grave et réellement irréversible, ou bien
- inéquitable pour les générations présentes ou futures, ou bien
- imposé sans qu'aient été pris dûment en compte les droits humains de ceux qui le subissent¹⁵⁴ ».

149. NATIONS UNIES, *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*. Voir le texte en ligne à l'adresse suivante : <http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm#three>.

150. Olivier GODARD, « Principe de précaution », *Nouvelle encyclopédie de bioéthique. Médecine. Environnement. Biotechnologie*, Gilbert Hottois et Jean-Noël Missa (dir.), Bruxelles, Éditions DeBoeck Université, 2001, p. 650.

151. Outre les documents cités dans le cadre de la présente section, le lecteur est également invité à consulter le texte suivant : INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG – IÖW, *Nanotechnology and Regulation within the Framework of the Precautionary Principle*, Final Report, Rüdiger HAUM *et al.*, Berlin, février 2004.

152. Philippe KOURILSKY et Geneviève VINEY, *Le principe de précaution*, Rapport au Premier Ministre, Paris, 15 octobre 1999, p. 5 de la version pdf [en ligne] <http://www.ladocfrancaise.gouv.fr>.

153. Mark HUNYADI, « Qu'est-ce que le principe de précaution? Nouvelles réflexions sur les usages du PP », Notes de présentation, Séminaire sur le principe de précaution, Commission de l'éthique de la science et de la technologie, 4 novembre 2005, p. 8.

154. COMMISSION MONDIALE D'ÉTHIQUE DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET DES TECHNOLOGIES – COMEST, *Le principe de précaution*, *op. cit.*, p. 14.

De toutes les notions qui définissent le principe de précaution, « le risque déraisonnable » est sans doute la plus difficile à cerner, la plus subjective, la moins liée à l'expertise scientifique et à la quantification mathématique. Combien de vies doivent être sacrifiées, combien de travailleurs doivent être atteints d'une maladie professionnelle et doivent voir leur espérance de vie diminuée, combien d'espèces animales ou végétales doivent disparaître, quel niveau de pollution l'air, l'eau et le sol doivent-ils atteindre pour qu'un risque soit qualifié de déraisonnable? L'irréversibilité est-elle un critère qui permet de répondre à toutes ces questions et à bien d'autres du même ordre? De telles préoccupations débouchent sur la perception du risque et son acceptabilité sociale qui nécessitent, selon l'OCDE, « une approche consensuelle du concept de précaution; un cadre élargi d'analyse de la décision; des processus participatifs et délibératifs de prise de décision¹⁵⁵ », une approche fondée sur l'éthique, en quelque sorte, car un jugement moral doit être porté sur l'acceptabilité du risque en fonction de valeurs socialement partagées.

État des connaissances: le savoir, l'incertitude, l'ignorance. À la base de la prise de décision pour déterminer l'existence d'un risque et en évaluer les probabilités d'occurrence, il y a l'état des connaissances, c'est-à-dire l'information disponible sur « les conséquences possibles d'une action, d'un produit ou d'un processus, afin de prendre les mesures nécessaires pour éviter ou atténuer tout dommage dans chacun des cas¹⁵⁶ ». De façon générale, à un certain niveau d'avancement d'une science ou de développement d'une technologie, les résultats de la recherche constituent un réservoir important du savoir accumulé sur le sujet et sur les conséquences possibles (positives ou négatives) des applications qui en découlent. Mais ce savoir peut aussi comporter des résultats de recherche incomplets, douteux, voire contradictoires sur certains objets de recherche, et créer de l'incertitude dans la détermination du risque. Enfin, il peut aussi arriver que certaines recherches n'aient jamais été faites ou qu'elles ne puissent se faire pour de multiples raisons (limites de l'instrumentation requise ou des modalités de recherche et d'expérimentation,

d'un corpus de recherche approprié, recours à des sujets humains, etc.); une zone d'ignorance (temporaire ou permanente) existe alors sur certains aspects du domaine et ne permet pas de déterminer la présence ou l'absence de risque dans l'utilisation qui se fait du savoir disponible à un moment donné de l'évolution d'une technologie.

Prudence, prévention et précaution. Ces notions fortement apparentées sont difficiles à distinguer sur le plan sémantique et contribuent à la confusion qui empêche une juste compréhension du principe de précaution: savoir dans quels cas et pour quels risques ou quelles hypothèses de risque il faut faire preuve de prudence, de prévention ou de précaution. C'est pourquoi, en raison de l'ensemble des points de vue, parfois contradictoires, qui ont cours sur le sujet, la Commission retient aux fins du présent avis la distinction qu'apporte Mark Hunyadi, estimant que celle-ci peut faciliter une prise de décision responsable: *agir avec prudence* pour les risques dont les répercussions et les probabilités d'occurrence sont connues, *recourir à la prévention* en situation d'incertitude, c'est-à-dire quand les risques sont connus mais non leurs probabilités d'occurrence (la grippe aviaire constituant ainsi l'exemple d'une situation où la prévention s'impose) et *s'en remettre à la précaution* quand seules des hypothèses existent et qu'il n'y a aucune information sur l'existence d'un risque et sur ses probabilités d'occurrence¹⁵⁷, ce qui peut être le cas pour certaines craintes dans une technologie émergente comme les nanotechnologies.

Les préjugés relatifs au risque zéro et à la paralysie de l'action. La crainte que se réalise le scénario du pire, l'espoir d'éliminer ou d'éviter tout danger qui pourrait nuire à la santé des gens et à l'environnement à court, moyen ou long terme peuvent être à l'origine de décisions qui auront pour but de ne prendre aucun risque et de refuser toute action susceptible d'entraîner un risque quelconque. De toute évidence, une telle position peut être intenable et mener à des aberrations: aucun progrès technologique n'aurait été possible au fil des siècles et la vie même s'avérerait impossible s'il fallait exiger une absence totale de risque. En revanche, aurait-

155. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Les risques émergents au XXI^e siècle*, op. cit., p. 100.

156. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Incertain et précaution...*, op. cit., p. 15.

157. Mark HUNYADI, op. cit., p. 8.

elle permis d'éviter des problèmes comme l'encéphalite spongiforme bovine (maladie de la vache folle) ou ceux causés par l'amiante, le DDT ou le téflon¹⁵⁸? Plutôt que de chercher à éviter tout risque, la question qui se pose est vraisemblablement de déterminer quels sont les risques acceptables. Quels peuvent être les effets néfastes du risque? Quelles en sont la portée et l'ampleur? Quelle en est la probabilité¹⁵⁹? Des questions auxquelles, cependant, il est difficile d'apporter des réponses dans le cas des risques qualifiés d'hypothétiques, puisque c'est l'ignorance à leur sujet qui les caractérise, et parfois des peurs qui peuvent se révéler irrationnelles... Est-ce à dire que la peur et l'absence de réponse doivent mener à l'abstention? L'imposition de moratoires est-elle la seule option possible? Quelles sont les avenues possibles pour que le principe de précaution conduise à l'action?

Des mesures pour l'action

Comme le souligne Olivier Godard, «l'apport original du principe de précaution est de poser une exigence de prise en charge précoce, dans le temps scientifique, de risques hypothétiques, non avérés, dont la réalisation pourrait avoir des conséquences graves et irréversibles; de tels risques échappent en théorie au principe de prévention, qui concerne des risques avérés par la connaissance scientifique ou par l'expérience¹⁶⁰».

La présente réflexion sur le principe de précaution et la volonté d'en faire un principe d'action, et non pas d'abstention, soulèvent *de facto* les questions suivantes, parmi bien d'autres: De quelle façon faut-il gérer les risques hypothétiques dans une société pluraliste et démocratique? Comment tenir compte de l'écart qui existe entre l'acceptabilité du risque individuel et celle du risque collectif, entre des exigences de sécurité sanitaire et environnementale et le souci légitime du développement technologique? De l'avis de la Commission,

il y a là matière à débat pour et avec la société. Entre-temps, cependant, à la fois pour orienter et alimenter ce débat, mais aussi pour permettre des actions concrètes et proactives au regard des nanotechnologies, la Commission propose quelques constats et quelques pistes de solution.

Des constats à prendre en considération. Les constats suivants sont signalés à titre indicatif dans le but de mener à l'adoption de mesures réalistes et responsables dans la prise de décisions concernant les risques relatifs aux nanotechnologies, qu'ils soient avérés ou hypothétiques:

- en raison des défis radicalement nouveaux que peuvent poser certaines des nouvelles technologies en émergence (dont les nanotechnologies et les biotechnologies) et de la transformation des modes de régulation des sociétés contemporaines et de la diversité des acteurs concernés dans un contexte de mondialisation, «des situations de risque nouvelles pourraient se trouver confrontées à une inertie excessive ou à des réponses inadéquates des institutions [...]»¹⁶¹ ;
- de plus en plus, les risques doivent être considérés de façon prospective en raison du caractère nouveau qu'ils présentent dans les technologies émergentes; c'est donc sur la base d'une évolution de la technologie plutôt que selon un historique des risques passés qu'il faut les aborder¹⁶², mais aussi de façon à tenir compte d'incidences relativement mineures qui pourraient déboucher sur un problème majeur après de nombreuses années¹⁶³ (le cas de l'amiante constitue un exemple à retenir);
- considérant que le risque zéro n'existe pas, les décideurs ne sont pas tenus d'assurer aux citoyens un environnement exempt de tout risque; ils doivent

158. Ces cas et d'autres du même genre ont été étudiés sous l'égide de l'Agence européenne de l'environnement et les résultats publiés dans INSTITUT FRANÇAIS DE L'ENVIRONNEMENT, *Signaux précoces et leçons tardives: le principe de précaution – 1896-2000*, Orléans, 2004 [en ligne] http://www.developpement.durable.sciences-po.fr/publications/Bibliographies/signaux_precoces.pdf.

159. À ce sujet, voir, entre autres, ORGANISME DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Incertitude et précaution...*, *op. cit.*, p. 18.

160. Olivier GODARD, «Le principe de précaution et la proportionnalité face à l'incertitude scientifique», *Rapport public 2005: jurisprudence et avis de 2004. Responsabilité et socialisation du risque*, Conseil d'État, Paris, La Documentation française, 2005, p. 385.

161. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Les risques émergents au XXI^e siècle*, *op. cit.*, p. 52.

162. *Ibid.*, p. 53.

163. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Incertitude et précaution...*, *op. cit.*, p. 6.

cependant tenir compte de l'incertitude scientifique et de l'ignorance qui peut exister relativement à des hypothèses de risque et prendre des mesures responsables, dont la précaution¹⁶⁴;

- la prise en considération des aspects sociétaux du risque est fondamentale et son acceptabilité par les citoyens constitue une notion clé dans le processus d'évaluation et de gestion du risque¹⁶⁵; en l'occurrence, le principe de précaution « impose de toute évidence qu'on améliore la communication et la réflexion sur les divers niveaux et types d'incertitude dans l'évaluation scientifique¹⁶⁶ »;
- le recours au principe de précaution ne remplace pas l'évaluation scientifique du risque et n'a pas pour but la mise en place de mesures protectionnistes permettant de passer outre à des accords commerciaux de libre échange¹⁶⁷.

En complément à ces constats issus de la documentation consultée, **la Commission croit utile de mentionner l'importance de considérer, dans une perspective éthique, les conséquences qui peuvent découler du refus d'accepter une part de risque, notamment en ce qui a trait à des bénéfices valables que la population pourrait retirer des avancées technologiques et des utilisations commerciales qui en découlent.**

Des exemples de mesures de précaution. Les mesures à considérer « sont des interventions entreprises avant que le danger ne survienne et visant à éviter ou à diminuer celui-ci. Les actions choisies doivent être proportionnelles à la gravité du danger potentiel, prendre en considération leurs conséquences positives et négatives et comporter une évaluation des implications morales tant de l'action que de l'inaction. Le choix de l'action doit être le résultat d'un processus participatif¹⁶⁸. » Ces mesures peuvent être de nature différente, s'appliquer simultanément ou successivement, selon le cas, et ne sont donc pas

mutuellement exclusives. Dans l'esprit du présent texte, qui limite le recours au principe de précaution à une situation d'ignorance ou de très grande incertitude, la Commission estime utile de signaler les quelques mesures suivantes, dont l'objectif principal est de gérer une telle situation :

- miser sur la recherche constitue évidemment la première mesure qui permette de contrer l'ignorance et une grande incertitude; tout en étant multidisciplinaire, en raison de la nature même des nanotechnologies, la recherche doit aussi être interdisciplinaire afin de favoriser un croisement des différents savoirs, y compris ceux issus des sciences sociales et humaines;
- recourir à des mécanismes de participation et de consultation des citoyens afin de déterminer l'acceptabilité sociale des risques hypothétiques ou des risques avérés dont le degré d'incertitude est très élevé;
- se doter de moyens de contrôle et de suivi des résultats de recherche ou d'incidences d'effets négatifs, même mineures, qui permettraient de détecter tôt une situation potentiellement dangereuse ou néfaste;
- légiférer pour imposer les interdictions et les restrictions nécessaires, voire un moratoire sur certaines pratiques.

Dans les prochains chapitres, au fur et à mesure que seront présentés et discutés un certain nombre des enjeux éthiques relatifs aux nanotechnologies, et que seront signalées l'ignorance ou la grande incertitude qui existent en ce qui a trait à leurs effets possibles sur la santé et sur l'environnement – notamment pour les nanoparticules –, la Commission pourra s'appuyer sur les constats et les mesures d'action ci-dessus pour formuler ses recommandations à l'intention des divers acteurs concernés.

164. *Ibid.*, p. 29 et 30.

165. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Les risques émergents...*, *op. cit.*, p. 98.

166. COMMISSION MONDIALE D'ÉTHIQUE DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET DES TECHNOLOGIES – COMEST, *Le principe de précaution*, *op. cit.*, p. 35.

167. ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE, *Les risques émergents...*, *op. cit.*, p. 18.

168. COMMISSION MONDIALE D'ÉTHIQUE DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET DES TECHNOLOGIES – COMEST, *Le principe de précaution*, *op. cit.*, p. 14.

L'approche « cycle de vie » dans la perspective du développement durable

En 1997, était adoptée la norme internationale ISO 14040 (de la série 14000¹⁶⁹) sur l'analyse du cycle de vie, principes et cadre, en matière de gestion environnementale. L'année suivante, Environnement Canada publiait un document sur le sujet, *Gestion du cycle de vie environnementale [sic]: Un guide des meilleurs [sic] décisions commerciales*, accompagné de la définition suivante: « Le concept du cycle de vie est en fait une approche axée sur l'ensemble des étapes de la "vie" des produits, procédés et services. Selon ce concept, toutes les étapes du cycle de vie (extraction et traitement des matières premières, fabrication, transport et distribution, utilisation et réemploi, recyclage et gestion des déchets) ont une incidence sur l'environnement et l'économie¹⁷⁰. »

Sur la scène internationale, l'intérêt est manifeste pour la prise en compte du cycle de vie en ce qui concerne les nanotechnologies. En témoignent, par exemple, le sixième programme-cadre de l'Union européenne¹⁷¹, le rapport

commun de la Royal Society et de la Royal Academy of Engineering en Grande-Bretagne¹⁷², un avant-projet de livre blanc de l'agence américaine EPA¹⁷³ (Environmental Protection Agency) et un mémoire préparé par le California Council on Science and Technology¹⁷⁴. Dans ce dernier cas, cependant, c'est surtout la production industrielle de composants nanométriques qui justifie l'intérêt accordé à la question du cycle de vie des produits, notamment en ce qui a trait à la protection des travailleurs de l'industrie, mais aussi de l'environnement, en raison de la possibilité que les nanocomposites s'accumulent dans l'environnement au fil du temps¹⁷⁵.

Une telle préoccupation est de plus en plus manifeste dans la perspective du développement durable, comme en témoigne d'ailleurs la nouvelle *Loi sur le développement durable*¹⁷⁶. Qu'il s'agisse de la pensée¹⁷⁷ ou de l'approche¹⁷⁸ cycle de vie ou, plus concrètement, de la gestion¹⁷⁹ ou de l'analyse¹⁸⁰ du cycle de vie (ACV) (voir l'encadré), l'objectif fondamental qui est recherché est celui de la protection de l'environnement à partir d'une prise en compte des impacts d'une innovation

169. À l'intention du lecteur, précisons que « la série ISO 14000 a pour principal objectif de promouvoir dans les établissements une gestion à la fois plus efficace et plus rentable de l'environnement et de proposer des instruments utiles et utilisables (efficaces par rapport à leur coût, basés sur des systèmes, souples, reflétant les meilleures pratiques disponibles en matière d'organisation) en vue de recueillir, interpréter et communiquer l'information relative à l'environnement. Il s'agira, en dernière analyse, d'améliorer la performance dans les domaines de l'environnement. » Voir <http://www.intracen.org/tde/Export%20Quality%20Bulletins/eq53fre.pdf>, p. 4.

170. Voir <http://www.ec.gc.ca/ecocycle/fr/whatislcm.cfm> pour un aperçu du document.

171. UNION EUROPÉENNE, « Sixième Programme-cadre : Nanotechnologies et nanosciences » [en ligne] <http://europa.eu.int/scadplus/leg/fr/lvb/i23015.htm>.

172. *Op. cit.*

173. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (États-Unis), *op. cit.*

174. CALIFORNIA COUNCIL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, *Nanoscience and Nanotechnology. Opportunities and Challenges in California*, A Briefing for the Joint Committee on Preparing CA for the 21st Century, California, janvier 2004 [en ligne] http://www.larta.org/lavox/articlelinks/2004/040223_nanoreport.pdf.

175. « It is the transition to large-scale commercial manufacturing of these materials that is the primary concern, not the small amounts of material produced in the research process. The exposure of workers to nanoparticulates will require investigation, and potential regulation as with chemicals found to be hazardous but useful. With large production quantities, it will also be important to study the full lifecycle of these materials, including the associated process of producing them, their use, and eventual disposal. Nano-composites, for example, may be more difficult and more energy-intensive to recycle than single-phase material, and may accumulate in the environment over time. Since environmental impacts may be slow to develop and ascertain, one of the challenges will be to determine what needs to be monitored over the course of time as an important and relevant effect. » *Ibid.*, p. 108.

176. GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, *Loi sur le développement durable*, *op. cit.*

177. Gisèle BELEM, « L'analyse du cycle de vie comme outil de développement durable », sous la direction de Jean-Pierre Revéret et Corinne Gendron, *Les cahiers de la Chaire*, collection recherche, Chaire de responsabilité sociale et de développement durable, n° 08-2005 [en ligne] <http://www.crsdd.uqam.ca/pdf/pdfCahiersRecherche/08-2005.pdf>.

178. CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RÉFÉRENCE SUR L'ANALYSE, L'INTERPRÉTATION ET LA GESTION DU CYCLE DE VIE DES PRODUITS, PROCÉDÉS ET SERVICES – CIRAIG, *Mémoire*, dans le cadre de la consultation sur le projet de Plan de développement durable du Québec et de l'Avant-projet de Loi sur le développement durable, février 2005 [en ligne] http://www.polymtl.ca/ciraig/Memoire_CIRAIG_DD.pdf.

179. *Ibid.*

180. *Ibid.* et Gisèle BELEM, *op. cit.*