

Atelier canadien sur la recherche multidisciplinaire en nanotechnologie : lacunes, possibilités et priorités

Edmonton, Alberta
22-24 janvier 2008

Résumé des principales lacunes dans la recherche

Atelier commandité par



Environment
Canada

Environnement
Canada



Health
Canada

Santé
Canada



Industry
Canada

Industrie
Canada



National Research
Council Canada
National Institute
for nanotechnology

Conseil national
de recherches Canada
Institut national
de nanotechnologie



CIHR IRSC



Social Sciences and Humanities
Research Council of Canada

Conseil de recherches en
sciences humaines du Canada



Canada

Avertissement

Le contenu du présent rapport reflète les commentaires et les opinions exprimés par les participants au cours de l'atelier. Bien que tout ait été mis en œuvre pour résumer fidèlement les points de vue de la majorité des participants, aucune garantie n'est donnée de l'exactitude et de l'exhaustivité du rapport. Un rapport détaillé résumant tous les échanges et les résultats de cet atelier sera disponible sous peu. En attendant, le présent résumé donne la liste des principaux besoins de recherche mis en évidence par les participants à la réunion. Ce résumé ne reflète pas nécessairement les points de vue des organismes commanditaires.

I. INTRODUCTION

Cet atelier a permis aux organismes subventionnaires commanditaires de réunir les experts et les intervenants intéressés pour examiner et déterminer les priorités de recherche en nanotechnologie au Canada, notamment au regard des enjeux NE³LS (c'est-à-dire les questions éthiques, environnementales, économiques, juridiques et sociales des nanotechnologies), des impacts et des risques sanitaires, et des mécanismes de réglementation nécessaires à cet égard. Une attention particulière a été accordée au besoin d'approches interdisciplinaires, particulièrement pour jeter des ponts entre les disciplines et les perspectives.

Le comité organisateur de l'atelier a dégagé un certain nombre de thèmes ou de sujets généraux que devaient considérer les participants à la réunion, par exemple :

1. Éthique et domaines connexes
2. Élaboration de politiques, de règlements et de gouvernance
3. Science et risques pour la santé et l'environnement
4. Perspective des sciences sociales et des sciences humaines

Un rapport détaillé résumant tous les échanges et les résultats de cet atelier sera disponible sous peu. En attendant, le présent résumé donne la liste des principaux besoins de recherche mis en évidence par les participants à la réunion. Ce résumé est divisé en plusieurs catégories qui recourent les thèmes généraux de l'atelier, un certain nombre de questions et de perspectives communes ayant été soulevées entre les divers thèmes.

II. PRINCIPALES LACUNES ET PRINCIPAUX BESOINS EN MATIÈRE DE RECHERCHE

A. Lacunes et défis dans la recherche en sciences de base

- Il n'y a pas à l'heure actuelle d'inventaire complet des compétences canadiennes en sciences et en technologie, dans toutes les disciplines. Comment un relevé semblable pourrait-il être réalisé pour la recherche en nanotechnologie? Quels domaines et quels aspects seraient les plus pertinents pour la nanotechnologie?
- Il n'y a pas à l'heure actuelle de nomenclature et de taxonomie uniformes en nanotechnologie. Quelles sont les approches métrologiques à établir pour détecter et mesurer les matériaux à l'échelle nanométrique?
- Quels sont les besoins d'instrumentation les plus urgents pour l'étude des manomatériaux, y compris la détection, la caractérisation, l'évaluation de l'exposition, la nanotoxicité et l'établissement de modèles prédictifs?

- Quelle recherche est requise pour comprendre plus clairement le comportement des nanomatériaux dans les principales matrices que sont l'eau, l'air et le sol? Quels sont les propriétés et les indicateurs pertinents qui serviraient de point de départ pour comprendre les propriétés physiochimiques des nanomatériaux?
- Quel processus pourrait être établi pour évaluer le cycle de vie des nanomatériaux, y compris quelles données par rapport à divers aboutissements seraient pertinentes pour la santé humaine et l'environnement?
- Comment pouvons-nous évaluer les impacts et les risques relatifs des nanomatériaux dans un contexte biologique? Quels sont les paramètres de pénétration potentielle à travers les barrières et les défenses naturelles (p. ex. relation entre la taille/structure et la pénétration, le transport actif par rapport au transport passif)? Quelle approche faudrait-il suivre pour comprendre le comportement au niveau cellulaire en cas d'exposition à des matériaux nanométriques? Une compréhension au niveau cellulaire aiderait-elle à valider les méthodes d'analyse actuelles ou à en trouver de nouvelles?
- Étant donné le caractère limité des fonds disponibles pour la mise au point d'épreuves en recherche nanotechnologique, comment devrions-nous rationnellement prioriser les projets de recherche? Comment pouvons-nous faire une distinction entre « ce qu'il faut savoir » et « ce qu'il est bon de savoir » dans ce secteur émergent?
- Les matériaux des échantillons de référence actuels conviennent-ils comme matériaux nanométriques?
- Serait-il avantageux de « dissocier » les diverses nanotechnologies – ainsi que leurs enjeux et besoins connexes – au lieu de traiter tous les aspects potentiels de la nanotechnologie sous un seul vocable? Comment une base claire pour des groupements appropriés de technologies pourrait-elle être établie? Y a-t-il des aspects des nanotechnologies qui devraient rester combinés à des fins de recherche quelconques?

B. Besoins de recherche dans les contextes éthiques, juridiques, économiques et sociaux plus vastes

- Quels seront les impacts - positifs et négatifs - de technologies comme la nanotechnologie sur le contrat social et les aspects culturels de nos vies? Leurs effets sur la cohésion sociale, la sécurité humaine, la protection de la vie privée, la santé et le bien-être perçu seraient-ils en train de changer, et le cas échéant, quels seraient les impacts de ces changements? Par exemple, quelles sont les implications des technologies qui permettent aux personnes de prolonger leur vie ou d'être en meilleure santé, et sont-elles acceptables pour la société canadienne? Quels sont les outils appropriés pour les mesurer et comment les trouvons-nous?
- L'étude de l'innovation en sciences et en technologie, et de la manière dont les sciences sociales ont influencé les sciences de base dans d'autres domaines, pourrait-elle être pertinente pour la nanotechnologie? Y a-t-il des approches de recherche communes des

technologies émergentes et convergentes qui pourraient être examinées pour des enjeux plus particuliers en matière de nanotechnologie? Y a-t-il des inventaires pertinents de la recherche courante dans d'autres domaines des sciences sociales qui pourraient être pertinents pour les nanosciences plus globalement?

- Quels enseignements des domaines de la neuroéthique (neurosciences et éthique) et de la bioéthique (y compris la génomique, les cellules souche, etc.) pourraient être pertinents pour la nanoéthique? Quoi d'autre pourrait entrer en jeu pour aider à comprendre la transférabilité de ces connaissances et de cette expérience?
- Quelle place les nanosciences occupent-elles actuellement dans les communautés de recherche existantes et dans les milieux de recherche dans les domaines éthiques, juridiques et économiques? Quelle recherche sera nécessaire pour comprendre plus complètement ce qu'englobent actuellement les nanosciences, et ce qu'elles peuvent englober potentiellement, dans toutes les disciplines?
- Y a-t-il des études de l'effet d'un changement rapide et constant sur les structures économiques et sociales qui pourraient être pertinentes pour la nanotechnologie? Quels ont été les impacts de la nanotechnologie jusqu'ici? Qu'est-ce qui devrait influencer et influencera les plans en vue d'une réorganisation future? Comment la recherche sur les modèles économiques et commerciaux, y compris les stratégies de commercialisation, peut-elle être harmonisée avec l'éthique et les domaines connexes? Par exemple, quels construits éthiques peuvent être établis pour s'appliquer aux partenariats universités-gouvernements-industrie?
- Les nouvelles tendances en matière de propriété intellectuelle dans les nanotechnologies correspondent-elles aux tendances dans d'autres domaines technologiques, comme la biotechnologie? Y a-t-il des enseignements au sujet des implications juridiques et éthiques à tirer de la biotechnologie? Quelles sont les approches actuelles du marketing et de l'étiquetage des nanotechnologies à l'intention du public? Quelles seraient les approches les plus efficaces en matière d'étiquetage (p. ex. informatif, non prescriptif)?
- Quelles sont les limites de l'acceptation ou du rejet par la société de certaines nouvelles technologies? Sont-elles différentes au niveau régional ou international, et comment sont-elles liées à la culture? Par exemple, les aliments issus du génie génétique ont suscité un tollé au Royaume-Uni. Toutefois, ils n'ont guère provoqué d'inquiétude au Canada et aux États-Unis.
- Comment le comportement des consommateurs influe-t-il sur l'impact global des nanotechnologies sur la société? Qu'est-ce qui peut motiver l'empressement des consommateurs à acheter certains produits, mais pas d'autres? Pouvons-nous déterminer quels nanoproduits peuvent être acceptables et lesquels peuvent être contestables?
- La surveillance dans un monde nanotechnologique soulève-t-elle des questions

éthiques? Est-il possible de déterminer dans quelle mesure les préoccupations relatives à la protection de la vie privée pourraient être influencées par la nanotechnologie? S'agit-il de questions distinctes dans le cas de la nanotechnologie, ou les différences sont-elles seulement une question de degré? Quelles sortes d'exigences de divulgation devraient s'appliquer à la nanosurveillance, et quel serait le rôle de l'État? Est-il possible de déterminer les mécanismes historiques qui ont été appliqués pour mettre en équilibre les avantages personnels et publics par rapport aux pertes réelles ou perçues de protection de la vie privée ou de liberté sur le plan personnel ou collectif?

- Quelles considérations éthiques entrent en ligne de compte lorsqu'il s'agit de décider quels aspects de la nanotechnologie l'État devrait financer, qui devrait participer à ces décisions, comment ces décisions devraient être prises, et comment l'évaluation des bienfaits pour le public devrait être effectuée? Est-il convenable, ou même possible, que les décisions d'ordre éthique actuelles soient contraignantes pour des générations futures de Canadiens? Des décisions éthiques peuvent-elles être prises dans des contextes qui sont mondialement applicables?

C. Enjeux et risques en matière de santé et d'environnement

- Comment pouvons-nous mieux comprendre la complexité de la détection des nanomatériaux et leur comportement dans les systèmes complexes, comme l'environnement ou l'organisme humain?
- Les modèles prédictifs pour la santé humaine exigeront une gamme de données sur les propriétés chimiques, les fonctions physiologiques, la pharmacocinétique (distribution dans l'organisme, absorption, excrétion et métabolisme) et la toxicologie.
- Quel est le degré d'exposition aux nanomatériaux à l'heure actuelle? Existe-t-il déjà des programmes de surveillance? Qu'est-ce qui serait nécessaire pour mettre au point la métrologie d'évaluation appropriée? Quelles seraient les espèces indicatrices appropriées pour les nanomatériaux? Comment devraient-elles être validées?
- Pour ce qui est de la santé professionnelle, comment les personnes qui manipulent des nanomatériaux sont-elles protégées? Qui conseille les chercheurs dans l'industrie, au gouvernement et dans les universités qui manipulent des nanomatériaux? Comment sont prises les décisions relatives à la protection des travailleurs? Quels sont les outils les plus appropriés pour mesurer l'étendue des risques auxquels sont exposés les travailleurs, y compris les outils physiques (métrologiques) et les outils de modélisation théorique?
- Le modèle traditionnel d'hygiène industrielle utilise des mesures d'ingénierie, des mesures administratives et de l'équipement de protection individuel pour contrer les dangers en matière de santé et de sécurité professionnelles. Cette approche convient-elle dans le cas des nanomatériaux?

- Comment nous assurons-nous que les modèles de devenir et de transport environnementaux sont valides pour les nanomatériaux? Comment nous assurons-nous que les techniques/programmes existants de surveillance/détection environnementales sont valides pour les nanomatériaux?
- La persistance entre en ligne de compte dans la toxicité. On ne sait pas ce qui se produit lorsqu'un nanomatériau s'accumule dans l'environnement. Continue-t-il d'être disponible dans l'environnement et demeure-t-il donc un risque potentiel pour la santé humaine, ou cesse-t-il d'exister du point de vue de la biodisponibilité et de la toxicité?
- Quelles sont les expositions environnementales et les risques pour la santé auxquels sont exposés les intervenants en cas d'urgence, et quel est le risque au cours de tout le cycle de vie des nanomatériaux?
- Comment la capacité de préparation et de planification en cas d'urgence dans le secteur de la nanotechnologie peut-elle le mieux être renforcée en faisant appel à différents domaines et à différentes disciplines (p. ex. centrales d'information, stratégies de sensibilisation coordonnée)?
- Quel devrait être le rôle des diverses sociétés professionnelles au Canada dans l'ouverture et la médiation d'un débat sur les questions de santé et d'environnement? Quelle est la meilleure façon de les mobiliser?
- Quels sont les avantages potentiels de la nanotechnologie dans un contexte environnemental? Pourrait-elle améliorer la filtration des eaux et les pratiques de salubrité des aliments? Comment saisissons-nous de façon utile non seulement les risques associés aux technologies émergentes, mais aussi les avantages?

D. Lacunes dans la gouvernance, la réglementation et la politique

- Qui devrait jouer le rôle de champion de la recherche sur les risques des nanotechnologies pour la santé humaine et l'environnement? Dans le contexte canadien, qui devrait orienter les questions de politique et de gouvernance à court terme? Qui devrait orienter les politiques et la gouvernance au cours des cinq à dix prochaines années, alors que se poursuivra le développement accéléré des nanosciences et des technologies qui en résultent?
- Quels sont les risques potentiels de ne pas élaborer une stratégie nationale coordonnée en matière de nanotechnologie pour le Canada? Par exemple, l'intégration de la nanotechnologie dans des projets de prévention de la pollution ou de renforcement de la capacité de médiation pourrait-elle être mise en péril par l'absence d'un mécanisme quelconque pour en déterminer l'impact?
- Puisqu'il n'y a pas de règles clairement énoncées pour régir l'engagement dans les nanotechnologies, et que le cadre réglementaire pour les nanomatériaux et les produits qui en contiennent n'est pas clair, comment aidons-nous à déterminer qui sont ceux qui

interviendront et quels devraient être les buts ultimes de la gouvernance des nanotechnologies? Étant donné la complexité des modèles de gouvernance canadiens, où entrent en jeu notamment des questions fédérales, provinciales, municipales et territoriales, et l'interrelation complexe entre le gouvernement, le secteur privé et le secteur sans but lucratif, quelle sorte de modélisation pratique des structures de gouvernance pourrait ou devrait être en place? Un relevé exhaustif des ressources disponibles serait-il utile? Comment ce relevé devrait-il être effectué?

- Y a-t-il des approches provisoires appropriées qui pourraient être explorées et appliquées pendant qu'une gouvernance et une politique plus globales sont établies? Quels règlements et quelles mesures faut-il adopter immédiatement tout en attendant l'élaboration d'un nouveau cadre de réglementation des nanoproduits? Devrions-nous prioriser les règlements visant les produits qui sont susceptibles d'être soumis aux responsables de la réglementation dans un avenir très rapproché (p. ex. nutriments nanoencapsulés dans les aliments)?
- Quelles sont les meilleures mesures nécessaires pour une analyse risques-avantages en nanotechnologie? Certains besoins de recherche précis sont les suivants :
 - Tolérance à l'égard du risque
 - Acceptation sociale du risque
 - Questions de choix du consommateur
 - Analyse du cycle de vie
 - Conséquences sociales et économiques selon les perspectives locale et mondiale.
- Le spectre des risques acceptables serait-il différent dans des domaines où les nanotechnologies sont censées procurer d'importants avantages (p. ex. nouveaux traitements du cancer, produits pharmaceutiques)?
- Y a-t-il des leçons tirées de la gouvernance d'autres secteurs technologiques émergents (p. ex. génomique et biotechnologie) qui seraient pertinentes pour la conception et la mise en œuvre d'une politique et d'une stratégie canadienne en matière de nanotechnologie?
- À l'heure actuelle, une attention considérable est accordée aux technologies qui peuvent avoir un fort impact économique. Qu'en est-il de l'interface entre l'État et les PME? Comment l'impulsion pour assurer la commercialisation au pays de l'expertise canadienne en recherche et développement peut-elle être conciliée à l'intérieur d'un cadre de gouvernance?
- Le manque de connaissances évident sur le plan de la recherche fondamentale et appliquée s'accompagne-t-il d'un manque de vision au sujet des aspects des nanotechnologies qui devraient être pris en compte dans la politique : le cycle de développement, les produits individuels, ou le processus global? À qui appartiendrait-il d'établir une politique à jour en l'absence de principes fondateurs?

- Comment peut-on trouver les ressources – humaines et financières – pour accumuler les données scientifiques de base que nécessite l'évaluation appropriée des nanomatériaux, en particulier dans le contexte de la salubrité de l'environnement et de la santé humaine?
- Comment pouvons-nous nous assurer que les politiques ne sont pas déphasées avec ce qui se passe ailleurs dans le monde, et que l'impact de l'intervention auprès de divers intervenants est compris à fond? Quelle est la possibilité d'approches volontaires de la réglementation des nanotechnologies (et quels sont les précédents à cet égard)? Des directives d'application volontaire pourraient-elles être mises en place plus rapidement?
- Quels sont les paramètres potentiels nécessaires pour régir la portée de la surveillance des activités industrielles dans le secteur de la nanotechnologie, ainsi que les produits et la recherche actuels? Comment pouvons-nous nous assurer que des ressources suffisantes sont prévues pour une application efficace une fois que les mesures appropriées auront été déterminées?
- Existe-t-il un devoir éthique plus large de promouvoir les normes canadiennes en matière d'hypersensibilité environnementale ainsi que tout modèle d'évaluation des risques connexes auprès des régions moins favorisées du monde?
- Les communautés de recherche et les organismes subventionnaires ayant souvent tendance à travailler en vase clos, quelles approches permettront l'intégration d'une recherche véritablement multidisciplinaire sous l'angle du financement et des résultats? Comment les méthodologies d'examen par les pairs distinctes pour les sciences sociales, les sciences physiques et les sciences biomédicales peuvent-elles être intégrées avec succès pour permettre des partenariats valables?

E. Participation du public et communication

- Des compétences en communication dans le domaine des sciences sociales, et l'application des connaissances (AC), peuvent-elles être déployées pour aider à élaborer des stratégies de communication adaptées à l'auditoire cible et reflétant un niveau de complexité approprié? De quelle information a besoin le public pour être en mesure de prendre de bonnes décisions, et cette information peut-elle être présentée d'une manière qui permet une prise de décision éclairée sans qu'il soit nécessaire de posséder les connaissances hautement techniques de la science implicite dans la nanotechnologie? Comment informons-nous le public des questions de sécurité, sans le surcharger d'information au point où il ne réagit plus, ou ne réagit pas de la bonne façon?
- Quels sont les écarts importants entre la délibération publique, le niveau de compréhension scientifique et la politique publique? Quelles activités translationnelles pourraient aller au-delà de la collecte d'information et jusqu'à l'intégration de ces connaissances dans la politique, dans l'intérêt public? Comment évaluez-vous quels outils doivent être créés ou appliqués, et comment mesurez-vous leur efficacité? Quelles

sont les meilleures façons de faire participer le public, les décideurs, les médias et les autres intervenants à la recherche en nanosciences?

- Quelles campagnes et stratégies de communication ont été tentées par le passé dans le cas d'autres technologies nouvelles et émergentes? Y a-t-il d'importants éléments relatifs aux questions de marketing et d'étiquetage, à la réponse du public, à la capacité de décision éclairée et à la création de capacité publique qui pourraient être pertinents pour la nanotechnologie?
- Comment les décideurs peuvent-ils être mieux informés de l'état de l'opinion et des valeurs publiques? Comment des canaux appropriés de communication éclairée peuvent-ils être établis entre les intervenants?
- Comment les beaux-arts, le théâtre et d'autres moyens de susciter l'intérêt et d'assurer la compréhension peuvent-ils être utilisés pour éclairer le débat public sur la nanotechnologie? La visualisation créative de changements modestes à l'avenir peut être rendue possible par les beaux-arts. Comment les approches de modélisation prédictive actuelles dans d'autres disciplines pourraient-elles être adaptées à la nanotechnologie?
- Quelles sont les préoccupations du public au sujet des questions environnementales, de la santé et des aspects relatifs à la sécurité des nanotechnologies? Quels sont les effets de la gestion civique et publique sur la nanotechnologie, y compris le rôle potentiel des ONG et des groupes d'intérêt, et l'interface entre le grand public et les communautés de recherche, d'élaboration des politiques, de réglementation et de gouvernance? Comment les critiques de la nanotechnologie peuvent-elles être prises en compte dans les discussions portant sur la gouvernance et les politiques?
- Après qu'on a décidé de financer ou non les nanotechnologies et la recherche, et de la façon de procéder à cet égard, sur la base des priorités sociales, comment déterminer la meilleure façon de répartir équitablement les avantages de ces investissements?

F. Défis pour les collaborations interdisciplinaires

- Les questions d'application et de communication des connaissances sont cruciales pour déterminer comment faciliter la collaboration interdisciplinaire. Comment communiquons-nous les conclusions au sein de nos propres groupes de pairs et à d'autres groupes? Comment les approches se ressemblent-elles et comment diffèrent-elles d'une discipline à l'autre (p. ex. sciences sociales, sciences physiques, sciences biomédicales)? Existe-t-il des modèles qui pourraient être examinés pour aider à établir des collaborations semblables aux fins de la recherche en nanotechnologie?
- Quels types de programmes de formation et de mentorat faut-il pour faciliter des équipes multidisciplinaires efficaces? Qui devrait diriger la création de ces programmes de formation, et comment devraient-ils être gérés?
- Comment des équipes scientifiques interdisciplinaires pourraient-elles incorporer des

questions de politique et de gouvernance, et quels sont dans la pratique les paramètres de leur fonctionnement en collaboration?

- Est-il faisable de réunir des experts de différents horizons pour aider à bâtir un cadre commun en vue de l'évaluation des risques de la nanotechnologie pour l'environnement et la santé humaine? Ou les technologies individuelles doivent-elles être évaluées séparément?
- Comment des perspectives plus larges peuvent-elles être incorporées dans les études en nanosciences à tous les niveaux (c'est-à-dire élaboration de cursus)? La recherche sur les styles d'apprentissage qui sont efficaces à différents âges et stades de la vie peut-elle conduire à un plus grand engagement en faveur de l'élaboration de cursus pour tous les stades de la vie?
- Existe-t-il un besoin de recherche sur les modèles cognitifs de la façon de mener des exercices de prévoyance et de prévision entre les disciplines? Notre capacité à prévoir influe-t-elle sur notre relation avec la technologie émergente?