



CÉLINE LAFONTAINE

NANOTECHNOLOGIES ET SOCIÉTÉ

Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs

BORÉAL
Éditions de l'Université de Montréal

Les Éditions du Boréal
4447, rue Saint-Denis
Montréal (Québec) H2J 2L2
www.editionsboreal.qc.ca

Nanotechnologies et Société

DU MÊME AUTEUR

L'Empire cybernétique. Des machines à penser à la pensée machine, Seuil, 2004.

La Société postmortelle. La mort, l'individu et le lien social à l'ère des technosciences, Seuil, 2008.

Céline Lafontaine
avec la collaboration de Daphné Esquivel Sada,
Mathieu Noury et Sébastien Richard

Nanotechnologies et Société

*Enjeux et perspectives :
entretiens avec des chercheurs*

Boréal

© Les Éditions du Boréal 2010
Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2010
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Diffusion au Canada : Dimedia
Diffusion et distribution en Europe : Volumen

*Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec
et Bibliothèque et Archives Canada*

Lafontaine, Céline, 1970-

Nanotechnologies et société : enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs

Comprend des réf. bibliogr.

ISBN 978-2-7646-2022-9

1. Nanotechnologie – Aspect social. 2. Technologie et civilisation. 3. Sciences – Aspect social. 4. Chercheurs – Entretiens. I. Titre.

T174.7.L33 2010 303.48'3 C2010-940324-X

Remerciements

Ce livre est le résultat d'une série d'entretiens avec des chercheurs québécois en nanotechnologies, dans le cadre d'une recherche subventionnée par le Fonds de recherche sur la société et la culture (FQRSC) et le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH). Fruit d'un travail collectif, la présente analyse n'aurait pas été possible sans la collaboration intellectuelle de mes étudiants au doctorat, Daphné Esquivel Sada, Mathieu Noury et Sébastien Richard, qui ont contribué à la documentation de cet ouvrage. Il me faut aussi souligner le travail de retranscription des entretiens, effectué en partie par Michèle Robitaille, ainsi que la révision du manuscrit par Sylvie Martin. Sans la participation des chercheurs qui nous ont, à Daphné Esquivel Sada et à moi-même, ouvert la porte de leur bureau et qui ont répondu à nos questions, ce projet n'aurait jamais pu voir le jour. Je tiens donc à remercier très chaleureusement tous ces chercheurs pour leur générosité et leur temps :

Mario Jolicœur, École Polytechnique

Richard Martel, Université de Montréal

Patrick Desjardins, École Polytechnique

Daniel Bélanger, UQAM

Peter Grütter, Université McGill

Pierre Carreau, École Polytechnique

Sylvain Martel, École Polytechnique

Maurice Boissinot, Université Laval

Jean-Christophe Leroux, Université de Montréal

Mohamed Chaker, INRS

Maryam Tabrizian, Université McGill

Suzanne Giasson, Université de Montréal

Natalie Fauchoux, Université de Sherbrooke

Patrick Vermette, Université de Sherbrooke

Jay Louise Nadeau, Université McGill

Françoise Winnik, Université de Montréal

Federico Rosei, INRS

David Juncker, Université McGill

Diego Mantovani, Université Laval

Freddy Kleitz, Université Laval

Si je tiens à exprimer ma reconnaissance à l'égard de ceux qui ont permis la réalisation de ce livre, je demeure entièrement responsable des analyses qui y sont présentées.

Introduction

Chaque jour, les médias font état des promesses et des enjeux soulevés par les avancées technoscientifiques. Qu'il soit question d'Internet et des nouvelles technologies de l'information, du génie génétique, du clonage, des OGM, de la conquête spatiale ou des nanotechnologies, les technosciences sont au cœur des mutations économiques, sociales et culturelles du monde contemporain. Loin d'être le résultat d'un processus évolutif indépendant du contexte socio-historique, elles sont, tant dans leurs applications que dans leur fonctionnement institutionnel, traversées par des logiques économiques, sociales et culturelles. À la fois fruit et moteur des sociétés modernes, elles transforment autant nos conditions matérielles que nos façons de concevoir le monde et de nous concevoir nous-mêmes. Après la révolution informatique et celle du génie génétique, nous voilà donc face à de nouveaux bouleversements technoscientifiques apportés par les nanotechnologies, soit par la conquête de l'infiniment petit. L'ampleur des investissements à l'échelle internationale et des mutations technoscientifiques annoncées laisse croire que les nanotechnologies sont porteuses d'un potentiel révolutionnaire inégalé à ce jour. Ambitionnant de « façonner le monde atome par atome¹ », les nanotechnologies

cumulent en fait l'ensemble des avancées scientifiques et techniques des cinquante dernières années. Héritières de la physique quantique, de la chimie, de l'informatique, de l'électronique, de la biologie moléculaire et du génie génétique, elles procèdent d'une volonté de manipuler la matière à l'échelle des atomes et des molécules. Créer des matériaux aux propriétés inédites, trouver de nouveaux supports informatiques, fabriquer des dispositifs pharmaceutiques plus performants, reprogrammer des cellules endommagées du corps humain : la liste des applications possibles ne cesse de s'accroître ainsi que celle des produits déjà présents sur le marché².

Au-delà de leurs multiples applications réelles ou virtuelles, les nanotechnologies annoncent non seulement une nouvelle façon de concevoir et de manipuler la matière, mais un nouveau mode d'organisation de la recherche et du rapport entre science, économie et société. L'étendue des domaines de recherche qui logent désormais sous cette appellation montre bien qu'il s'agit d'un phénomène global dont les enjeux recourent l'ensemble des progrès technoscientifiques. Fondées sur un modèle de contingence et de regroupement interdisciplinaire, les nanotechnologies constituent en quelque sorte l'idéal type des technosciences contemporaines. Autrement dit, l'analyse sociologique du phénomène *nano* permet de dégager les enjeux sociaux, politiques et économiques des avancées technoscientifiques, mais aussi d'entrevoir les présupposés épistémologiques et les ressorts idéologiques qui les sous-tendent. Même si elles possèdent, comme on le verra, un caractère générique, les nanotechnologies présentent une singularité épistémologique dont les contours demeurent encore largement incon-

nus, notamment en ce qui concerne les effets possibles d'un déploiement technique à l'échelle nanométrique. La rapidité avec laquelle les autorités scientifiques, politiques et économiques ont mis sur pied des plans stratégiques visant à promouvoir les nanotechnologies et à orienter en ce sens de nombreux programmes de recherche suscite un questionnement quant aux enjeux et aux risques qu'entraîne un pareil déploiement d'énergie et de ressources. Glorifiées par les promoteurs, dénoncées par des groupes de citoyens et des militants écologistes, les nanotechnologies font désormais partie de notre paysage politique. Alors que s'amorce le débat public et que les questions s'amoncellent au sujet des risques liés à la conquête de l'infiniment petit, rares sont les analyses sociologiques qui proposent un portrait d'ensemble du phénomène. L'objectif de ce livre est précisément de présenter de manière synthétique les contours historiques, épistémologiques, politiques et économiques du phénomène *nano*, à partir du point de vue de vingt chercheurs de haut niveau œuvrant dans ce domaine.

Questions de méthode

Convaincue que la sociologie critique ne peut en aucun cas faire l'économie d'une prise en compte de la complexité et de l'équivocité des phénomènes humains, j'ai jugé essentiel d'aborder la question des enjeux sociaux de la « révolution » nanotechnologique en me référant à ses principaux acteurs, soit les chercheurs eux-mêmes. À la suite de l'obtention de subventions de recherche du CRSH et du FQRSC, j'ai entrepris à l'été 2006 une série d'entretiens avec les chercheurs les

plus en vue dans le domaine des nanotechnologies au Québec. Cette série d'entretiens a été complétée par mon étudiante, Daphné Esquivel Sada, au cours de l'été 2007. Même si la liste des vingt chercheurs qui ont participé à ces entretiens figure dans les remerciements, il convient de donner quelques précisions quant à leur sélection. Afin de prendre toute la mesure du développement des nanotechnologies au Québec, j'ai sélectionné des chercheurs reconnus comme des pionniers et des chefs de file dans leur domaine. Certains, comme Patrick Desjardins, Peter Grütter et Mohamed Chaker, ont participé activement à la création de NanoQuébec. Plus de la moitié des chercheurs interrogés sont titulaires d'une Chaire de recherche du Canada, ce qui leur confère un statut de leaders dans le champ de la recherche universitaire. Dans le but d'obtenir un échantillon représentatif du milieu de la recherche au Québec, nous avons rencontré des chercheurs qui se situent à différents stades de leur carrière, en incluant cinq femmes, même s'il s'agit d'un domaine essentiellement masculin. Afin de bien représenter le caractère hautement interdisciplinaire des recherches en nanotechnologies, les chercheurs rencontrés proviennent de multiples horizons disciplinaires, et leurs programmes de recherche explorent des secteurs aussi divers que l'industrie des matériaux, la microélectronique, la pharmaceutique et la recherche biomédicale. Pour obtenir des détails précis sur les programmes de recherche en nanotechnologies au Québec, le lecteur peut consulter la liste fournie sur le site de NanoQuébec³.

À la suite d'une analyse des discours publics québécois et canadiens en matière de nanotechnologies⁴, j'ai pu identifier un certain nombre de thèmes récurrents à partir des-

quels j'ai élaboré une liste de questions ouvertes destinées aux chercheurs. Structurés en partant de considérations générales (trajectoire professionnelle, travaux de recherche), les entretiens débutaient par des questions d'ordre épistémologique portant sur la définition même des nanotechnologies, le rapport entre science et science-fiction, l'hybridation et la redéfinition des frontières entre nature et artifice, ainsi que le rapport entre science et technique. La seconde partie des entretiens abordait des questions directement liées à l'organisation de la recherche, au lien entre université et industrie et à l'interdisciplinarité. Enfin, les entretiens se terminaient par des questions relatives aux implications militaires des nanotechnologies ainsi qu'aux enjeux sociaux et éthiques. Afin que le lecteur puisse bien saisir les diverses couches de réalité que recouvre le phénomène *nano*, l'ordre des chapitres du livre respecte la structure des entretiens. D'une durée d'environ trois heures, chaque entretien a fait l'objet d'une retranscription littérale. Les témoignages ont par la suite été répartis et analysés en fonction des thèmes. Dans le but d'éviter les redondances et les ruptures de sens, seules les citations les plus significatives du point de vue de l'ensemble ont été retenues. Pour des raisons d'intelligibilité, les citations ont été adaptées à la langue écrite, tout en conservant le ton direct de l'oral. Pour respecter l'anonymat, seule garante d'une véritable liberté de parole, chaque chercheur s'est vu attribuer un nom fictif.

En tant que groupe professionnel, les chercheurs en nanotechnologies ne forment pas une communauté homogène parlant d'une seule et même voix. D'un chercheur à l'autre, d'une discipline à l'autre, les opinions divergent, les perspectives critiques se contredisent, l'adhésion aux plans

stratégiques imposés par les gouvernements s'affirme avec plus ou moins d'ardeur. Loin de présenter un point de vue univoque sur l'essor des nanotechnologies, les chercheurs se montrent tantôt nuancés et tantôt critiques, tantôt enthousiastes et tantôt inquiets. À mille lieux des perspectives catastrophistes qui présentent la logique technoscientifique comme un phénomène déshumanisé s'imposant de l'extérieur à la société, la prise en compte de la position des chercheurs montre à quel point les technosciences sont traversées de part en part par des logiques politiques, économiques et sociales, à quel point elles sont indissociables de notre univers culturel, bref, à quel point elles sont humaines. Il ne s'agit pas de nier la logique de contrôle et de puissance portée par les nanotechnologies, mais plutôt de replacer ces dernières dans leur contexte sociologique afin d'en saisir la complexité. Contrairement à ce qui, au premier regard, pourrait sembler une tentative de relativiser les enjeux et les risques liés au développement des nanotechnologies, la prise en compte du point de vue des chercheurs donne plus de poids à l'analyse critique de ce phénomène. À travers leurs propos, leurs hésitations, leurs ambitions et leurs inquiétudes, les chercheurs dévoilent la part d'ombre, d'incertitude, de risque et de mensonge que recèle la révolution *nano*. Analysée de l'intérieur, l'organisation technoscientifique révèle ses promesses et ses réussites, mais aussi sa fragilité et ses limites. En ce sens, la prise en compte sociologique du point de vue des chercheurs en nanotechnologies ouvre la voie au débat public.

CHAPITRE I

L'univers *nano*. Les enjeux d'une définition

C'est ça, le problème, c'est que le discours nano est générique. Ce n'est pas un secteur, ce n'est pas de l'optique, ce n'est pas de la photonique, ce n'est pas de la bio, ce n'est pas de la génomique : c'est tout. Quand c'est tout, c'est rien, c'est-à-dire que l'on ne peut pas dire qu'on va faire une politique nano ; ça veut dire quoi, une politique nano ?

CARL T., chercheur en physique des plasmas

Prenant toute sa résonance dans des expressions telles que *nanocosme*, *nanomonde* ou encore *nanoculture*, l'épithète *nano* marque l'entrée technoscientifique dans le XXI^e siècle¹. Issu d'un mot grec qui signifie littéralement *nain*, le vocable *nano* possède aujourd'hui la même force d'évocation que le terme *cyber* dans les années 1990². Si l'on se fie à l'engouement d'ordre scientifique, politique, financier et culturel suscité par la conquête de l'infiniment petit, il semble qu'on assiste, sur le plan de notre topographie imaginaire, au passage du *cyberespace* vers le *nanomonde*. Au-delà de la puissance métaphorique, il faut bien voir que le préfixe *nano* correspond à une dimension précise de la matière, soit celle du milliardième de mètre (10^{-9}). Nommée *nanomètre*, cette unité de mesure se situe à l'échelle première de la matière, soit celle des atomes et des molécules. Cette dimension imperceptible échappe à la conceptualisation du commun des mortels³. À titre d'exemple, « un objet de la taille d'un nanomètre est 500 000 fois plus fin que l'épaisseur du trait d'un stylo-bille » ou encore « 30 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu⁴ ». Loin de représenter un obstacle à l'exploration scientifique, la dimension nanométrique constitue, aux yeux des promoteurs, un nouvel espace à conquérir. L'attrait de ce territoire invisible ne se limite pas à la taille infinitésimale des objets qui l'habitent. Il n'est pas simplement d'ordre quantitatif,

mais également d'ordre qualitatif. En fait, à cette échelle, les propriétés physicochimiques de la matière se transforment.

Regroupant un nombre sans cesse croissant de disciplines et de secteurs de recherche, les nanotechnologies entreprennent de transformer la matière inerte ou vivante au niveau de l'assemblage moléculaire, c'est-à-dire en créant de nouveaux matériaux dont les propriétés physiques, chimiques ou biologiques sont encore inconnues. À titre d'exemple, il est possible de créer des plastiques ininflammables, des textiles intelligents, des dispositifs médicamenteux pouvant cibler des endroits très précis du corps. Lorsqu'on parle de nanotechnologies ou de nanosciences, on ne fait donc pas référence à un domaine particulier de recherche, mais bien à une nouvelle façon de concevoir et de manipuler la matière qui touche à l'ensemble des secteurs et des disciplines. L'importance accordée à la dimension *nano* fait de cette dernière le nouvel eldorado scientifique vers lequel on oriente les programmes de recherche à l'échelle internationale. Cette orientation tout-*nano* ne va pas sans soulever de problèmes quant à la définition même de ce que sont les nanotechnologies. L'ampleur des sommes investies, les espoirs portés par la maîtrise de l'infiniment petit et l'étendue des domaines concernés rendent cette définition hautement problématique⁵. En fait, la délimitation des nanotechnologies recoupe des enjeux économiques, politiques et éthiques. Les questions qu'elle soulève offrent un exemple concret de la complexité inhérente au développement technoscientifique. En tant que principaux acteurs de ce domaine, les chercheurs en nanotechnologies sont très conscients des enjeux stratégiques reliés au label *nano* au chapitre de l'orientation des programmes de

recherche. Comme l'a analysé le sociologue Dominique Vinck, « les enjeux liés à la définition sont importants pour les chercheurs et les industriels parce que derrière les définitions, il est effectivement question d'allocation de ressources [...]. La définition est donc stratégique pour les acteurs⁶ ». De fait, lorsqu'on interroge les chercheurs sur ce point, on constate que les contours des multiples définitions données aux nanotechnologies sont pour le moins flous et changeants.

Les difficultés d'une définition

Nées d'une convergence regroupant la physique quantique, la chimie, la microélectronique, l'informatique, la biologie moléculaire et le génie génétique, les nanotechnologies portent la marque congénitale de l'interdisciplinarité. La part toujours grandissante des programmes de recherche logeant sous cette appellation tend d'ailleurs à confirmer la thèse défendue par le philosophe des sciences Jan C. Schmidt, selon laquelle les nanotechnologies constituent un terme « parapluie » servant à désigner un ensemble de mutations technoscientifiques⁷. Si l'on se fie au portrait brossé en 2001 par le Conseil de la science et de la technologie, l'appellation *nano* semble en effet être en voie de devenir purement et simplement synonyme d'innovation technoscientifique. L'organisme public soutient en ce sens que « les possibilités d'applications des nanotechnologies sont pratiquement infinies et touchent tous les domaines technologiques qui peuvent venir à l'esprit⁸ ». Ce type d'affirmation a le mérite d'illustrer le caractère globalisant de ce que

l'on entend par « nanotechnologies ». L'aspect totalisant du terme n'échappe d'ailleurs pas aux chercheurs, parmi lesquels plusieurs soulignent la difficulté de définir clairement ce domaine de recherche, comme c'est le cas de Fanny R., chercheuse en génie physique : « Les nanotechnologies, c'est tellement large parce que ça touche effectivement à beaucoup, beaucoup de domaines. [...] Si vous me demandez de définir vraiment ce qui est *nano*, je vais avoir du mal parce que ça touche à tout. » Le caractère générique du terme *nano* est aussi souligné par le chercheur en génie physique Éric L. : « Presque tout ce qui se fait à la fine pointe dans le domaine des matériaux, c'est *nano*. [...] Mais le *nano* touche à tout. C'est ce qui fait sa force et sa faiblesse en même temps. » Dans la même optique, le chercheur en génie biomédical Steven B. tend à associer les nanotechnologies à la logique de miniaturisation : « Enfin, le *nano*, c'est un peu la projection des potentiels des progrès scientifiques et de la miniaturisation en général. » Ces propos illustrent bien l'aspect générique du vocable *nano* et les difficultés inhérentes à sa définition.

L'une des raisons pouvant expliquer l'absence d'une définition unifiée des nanotechnologies réside dans le fait qu'il s'agit, pour une bonne part, de technologies *habilitantes*, c'est-à-dire d'« un ensemble de nouveaux procédés et de nouvelles techniques qui permettent à des technologies déjà existantes de s'améliorer⁹ ». À ce jour, il n'existe donc pas de produits qui soient, à proprement parler, typiques des nanotechnologies ; ce sont plutôt un ensemble de dispositifs, de composantes et de matériaux qu'on utilise dans le but d'accroître les performances technologiques de diverses applications (industrie des matériaux, microélec-

Table des matières

Remerciements	7
Introduction	9
CHAPITRE 1 • L'univers <i>nano</i> . Les enjeux d'une définition	15
CHAPITRE 2 • Entre nanoscience et nanofiction	35
CHAPITRE 3 • Nature, technique et nanotechnologies : aux frontières de l'hybridité	55
CHAPITRE 4 • Un modèle parfait de technoscience	77
CHAPITRE 5 • Les enjeux stratégiques de la nanoéconomie	95
CHAPITRE 6 • La puissance des <i>nanos</i> au service des militaires	115
CHAPITRE 7 • De la nanomédecine aux enjeux éthiques	127
Conclusion	141
Notes	145

CRÉDITS ET REMERCIEMENTS

Les Éditions du Boréal reconnaissent l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour ses activités d'édition et remercient le Conseil des Arts du Canada pour son soutien financier.

Les Éditions du Boréal sont inscrites au Programme d'aide aux entreprises du livre et de l'édition spécialisée de la SODEC et bénéficient du Programme de crédit d'impôt pour l'édition de livres du gouvernement du Québec.

Couverture : Yan Breuleux, image tirée de « La Tempête ».

Ce livre a été imprimé sur du papier 100 % postconsommation,
traité sans chlore, certifié ÉcoLogo
et fabriqué dans une usine fonctionnant au biogaz.



MISE EN PAGES ET TYPOGRAPHIE :
LES ÉDITIONS DU BORÉAL

ACHEVÉ D'IMPRIMER EN MARS 2010
SUR LES PRESSES DE MARQUIS IMPRIMEUR
À CAP-SAINT-IGNACE (QUÉBEC).

CÉLINE LAFONTAINE

Nanotechnologies et Société

Enjeux et perspectives : entretiens avec des chercheurs

Avec la collaboration de Daphné Esquivel Sada, Mathieu Noury et Sébastien Richard

Après la révolution informatique et celle du génie génétique, nous voici face à de nouveaux bouleversements technoscientifiques apportés par les nanotechnologies, soit par la conquête de l'infiniment petit.

Au-delà de leurs multiples applications réelles ou virtuelles, les nanotechnologies annoncent non seulement une nouvelle façon de concevoir et de manipuler la matière, mais aussi un nouveau mode d'organisation de la recherche et du rapport entre science, économie et société. Fondées sur un modèle interdisciplinaire, les nanotechnologies constituent en quelque sorte l'idéal type des technosciences contemporaines. Ainsi l'analyse sociologique du phénomène *nano* permet de dégager les enjeux sociaux, politiques et économiques du développement technoscientifique, mais aussi d'entrevoir les présupposés épistémologiques et les ressorts idéologiques qui le soutendent.

Glorifiées par les promoteurs, dénoncées par des groupes de citoyens et des militants écologistes, les nanotechnologies font désormais partie de notre paysage politique. Alors que s'amorce le débat public et que les questions s'amoncellent au sujet des risques liés à la conquête de l'infiniment petit, très peu d'analyses sociologiques proposent un portrait d'ensemble du phénomène. L'objectif de ce livre est précisément de présenter de manière synthétique les contours historiques, épistémologiques, politiques et économiques du phénomène *nano*, à partir du point de vue de vingt chercheurs de haut niveau œuvrant dans ce domaine.

Céline Lafontaine est professeur de sociologie à l'Université de Montréal. Elle est l'auteur de *L'Empire cybernétique* (Seuil, 2004), qui lui a valu le Prix du jeune sociologue de l'Association internationale des sociologues de langue française, et de *La Société postmortelle* (Seuil, 2008).