

L'ÉMERGENCE DES NANOTECHNOLOGIES DANS UN CONTEXTE DE
DÉVELOPPEMENT DURABLE

Par

Mouloud Sebbane

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Gatineau, Québec, Canada, Janvier 2010

IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

L'ÉMERGENCE DES NANOTECHNOLOGIES DANS UN CONTEXTE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Mouloud Sebbane

Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Jean-Marie Bergeron

Université de Sherbrooke

Janvier 2010

Mots clés : nanotechnologies, nanosciences, nanomatériaux, environnement, développement durable, nanoparticules, toxicité, écotoxicité, éthique.

Le développement des nanotechnologies suscite beaucoup d'espoirs mais également des inquiétudes. Ses enjeux sont multiples et touchent plusieurs aspects de la vie humaine. Avec des applications prometteuses dans des domaines aussi variés que la médecine, l'énergie, l'industrie, la communication et l'environnement, ces nouvelles technologies se présentent aujourd'hui comme la clé de la prochaine révolution industrielle. Cependant, ces technologies émergentes peuvent aussi avoir des effets indésirables et nuisibles sur la santé et l'environnement et soulèvent beaucoup de préoccupations sur le plan éthique et social.

Cet essai a pour objectif d'analyser les enjeux qui se posent actuellement en amont des nanotechnologies émergentes. Cette analyse débouche sur des propositions pour contrer ou réduire autant que possible les effets indésirables de cet essor nanotechnologique et optimiser ses effets bénéfiques dans un contexte de durabilité et de responsabilité sociale. Ceci, en identifiant des pratiques de gestion responsable et durable à mettre en œuvre pour créer un équilibre entre les bienfaits et les inconvénients des nanotechnologies sur les plans environnemental, social, économique et éthique.

SOMMAIRE

Bien qu'elles soient encore à leur début, les nanotechnologies sont souvent présentées et considérées comme les technologies les plus prometteuses pour l'avenir de l'humanité. Selon plusieurs scientifiques, leur évolution sera à l'origine de la prochaine révolution industrielle et de changements profonds pour la société humaine, avec des répercussions importantes sur presque tous les domaines de la vie quotidienne.

Les applications potentielles des nanotechnologies pour les secteurs de l'environnement, de la médecine et de l'électronique sont nombreuses et innovantes. Dans le domaine environnemental, ces technologies émergentes pourraient contribuer au traitement de la pollution, à la décontamination des sols et à la production des énergies renouvelables. La nanomédecine révolutionnera le traitement et le diagnostic des maladies, à travers notamment, le développement des biopuces et la vectorisation des médicaments. Dans le secteur de l'électronique, les nanotechnologies pourraient contribuer à miniaturiser davantage les dispositifs de logique et de mémoire et à stimuler les capacités de traitement et de stockage des données, bien au-delà des limites fondamentales des technologies aujourd'hui en vigueur.

Cependant, le développement nanotechnologique présente également des menaces et des risques potentiels pour la santé humaine et l'environnement. Les nanoparticules, qui seront fabriquées en grandes quantités dans les prochaines années et dont la toxicité et l'écotoxicité restent inconnues ou incertaines à ce jour, pourraient être nocives pour les êtres humains et les écosystèmes. De plus, la fabrication et l'utilisation de ces particules ultrafines échappent, jusqu'à présent, à tout encadrement réglementaire et juridique spécifique, ce qui exacerbe davantage les inquiétudes du public par rapport à l'essor annoncé des nanotechnologies. En outre, il est reconnu que les nanotechnologies et ses utilisations soulèvent de nouveaux défis en matière de sécurité, de réglementation et d'éthique. La réticence populaire au développement de ces dernières est souvent alimentée par des sujets de controverse (l'amiante, les OGM, le nucléaire, etc.) et par

toute sorte de scénarios catastrophiques dignes de productions cinématographiques. De même, la soustraction des nanotechnologies à tout contrôle social, politique et réglementaire constitue une autre cause de préoccupations soulevée dans les débats publics sur le sujet.

Cet essai a pour objectif d'analyser les enjeux environnementaux, sociaux, économiques et éthiques liés à l'évolution des nanotechnologies et de dégager un ensemble de mécanismes et de stratégies nécessaires pour assurer leur développement responsable et durable. Ce travail sert aussi à alimenter la réflexion sur les différents enjeux des nanotechnologies en offrant des éléments d'information nécessaires à leur compréhension. Pour ce faire, ce travail examine d'abord les applications des nanotechnologies, actuelles et futures, dans le domaine de l'environnement, de la médecine et de l'électronique ainsi que les risques toxicologiques et écotoxicologiques associés à ces applications. En outre, l'analyse concerne des activités de recherche sur des nanotechnologies qui seront bénéfiques pour l'environnement et sur les nanoparticules qui peuvent présenter des risques potentiels pour la santé humaine et les écosystèmes. Ensuite, un portrait de la situation des nanotechnologies au Canada, aux États-Unis, en Europe, en Asie et dans les pays en développement est dressé pour cerner et comprendre les différents enjeux internationaux du développement nanotechnologique. L'étude comprend également un examen détaillé de moyens, de stratégies et de politiques qui peuvent être mises en œuvre pour identifier rapidement les problématiques liées aux nanotechnologies et concilier leur évolution avec les principes du développement durable. Enfin, à la lumière de l'analyse de tous les enjeux énumérés dans cette étude, des pistes de solutions pour une gestion durable et responsable de ces technologies émergentes, concluent ce travail.

Cet examen approfondi des différents aspects des nanotechnologies démontre que les pratiques de gestion liées à leur dimension environnementale sont assez rares, ce qui constitue une occasion de formuler des propositions à cet égard. Aussi, sur la base des résultats de l'étude, la mise en place de mécanismes pour établir des pratiques de gestion responsables et durables en amont du développement nanotechnologique reste une

nécessité absolue. De plus, la gestion environnementale des nanoproduits selon une approche de l'analyse de cycle de vie constitue la meilleure démarche de maîtrise de la croissance exponentielle de ces derniers à long terme. Ceci, dans une perspective de maximiser les avantages et minimiser les impacts potentiellement négatifs des nanomatériaux sur la santé et l'environnement.

Par ailleurs, les nanotechnologies nécessitent un cadre réglementaire spécifique avec une prise en charge des aspects environnementaux, sociaux et éthiques de leur développement. Pour ce faire, la recherche actuelle en la matière doit tenir compte des différents enjeux qui dominent le débat sur ces technologies émergentes et favoriser la prévention du risque toxicologique associé aux nanoparticules comme moyen ultime de gestion de risques. Les pouvoirs publics doivent se pencher sur l'acceptation publique des nanotechnologies. Pour cela, des efforts doivent être intensifiés pour rassurer et informer, selon les bonnes règles de gouvernance, la population sur les bienfaits de ces technologies pour la société humaine mais aussi sur les risques associés. Par ailleurs, les différents intervenants dans le domaine sont appelés à favoriser une recherche éthique en nanosciences et à instaurer une collaboration étroite en recherche et développement entre les universités et l'industrie, tout en mettant en place des centres de recherche multidisciplinaires. Enfin, d'autres mécanismes sont nécessaires pour gérer certains aspects des nanotechnologies tels que le commerce international, la propriété intellectuelle et les usages militaires, et faire bénéficier les pays en développement des perspectives qu'offrent les nanotechnologies dans un contexte de développement durable.

Un développement éclairé et responsable des nanotechnologies passe par une coopération plus poussée et plus étroite entre les chercheurs des sciences humaines, de l'ingénierie et des sciences biologiques et médicales. Cette collaboration ne peut se faire sans les connaissances requises pour saisir en profondeur les différents défis éthiques, environnementaux et sociaux que suscite l'émergence de ces technologies. Dans ce sens, des stratégies, des instruments et des politiques en matière de recherche, d'innovation, d'investissement matériel et humain, de formation, de débat citoyen, de coopération internationale, de réglementation et des normes protégeant la santé humaine et

l'environnement sont nécessaires pour que les nanotechnologies puissent se développer pleinement dans le respect des principes du développement durable. Il s'agit d'accompagner de façon responsable l'évolution de ces technologies émergentes même s'il est aujourd'hui impossible d'en prévoir toutes les applications qui verront le jour et le genre de répercussions qu'elles pourraient avoir sur les humains et l'environnement.