

ENJEUX ÉTHIQUES
DES NANOTECHNOLOGIES
DANS LE SECTEUR
AGROALIMENTAIRE

Supplément 2011 à l'avis
Éthique et nanotechnologies:
se donner les moyens d'agir

COMMISSION DE L'ÉTHIQUE
EN SCIENCE ET EN TECHNOLOGIE



En page couverture : image satellite de champs irrigués au Kansas, aux États-Unis. Les formes circulaires sont typiques des systèmes d'irrigation à pivot central. La disposition de ces champs évoque l'organisation de la matière à l'échelle nanométrique.

La photo a été prise par le satellite ASTER de la NASA, le 24 juin 2001. Elle appartient au domaine public.

Disponible en ligne : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Crops_Kansas_AST_20010624.jpg

Source originale, en ligne : <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=5772>

ENJEUX ÉTHIQUES
DES NANOTECHNOLOGIES
DANS LE SECTEUR
AGROALIMENTAIRE

Supplément 2011 à l'avis
Éthique et nanotechnologies:
se donner les moyens d'agir

**Commission de l'éthique
en science et en technologie**
1150, Grande Allée Ouest
1^{er} étage
Québec (Québec) G1S 4Y9
www.ethique.gouv.qc.ca

EN SOUTIEN À LA RÉALISATION DE L'AVIS

Direction
Nicole Beaudry

Secrétaires de réunion
Vincent Richard et Marie-France Paquette

Recherche et rédaction
Vincent Richard et Marie-France Paquette

SOUTIEN TECHNIQUE

Secrétariat
Ghislaine Gingras

Documentation
Amélie Dancose

Révision linguistique
Sylvie Émond, L'Espace-mots

Communications
Joanie-Kim McGee-Tremblay

Mise en pages
Joanie-Kim McGee-Tremblay

Impression
JB Deschamps inc.

**Avis adopté à la 51^e séance
de la Commission de l'éthique en science
et en technologie les 25 et 26 août 2011.**

© Gouvernement du Québec

Dépôt légal: novembre 2011
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN: 978-2-550-63587-1 (version imprimée)
ISBN: 978-2-550-63586-4 (PDF)

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

Québec, le 15 novembre 2011

Monsieur Sam Hamad
Ministre du Développement économique,
de l'Innovation et de l'Exportation
710, place D'Youville, 6^e étage
Québec (Québec) G1R 4Y4

Monsieur le Ministre,

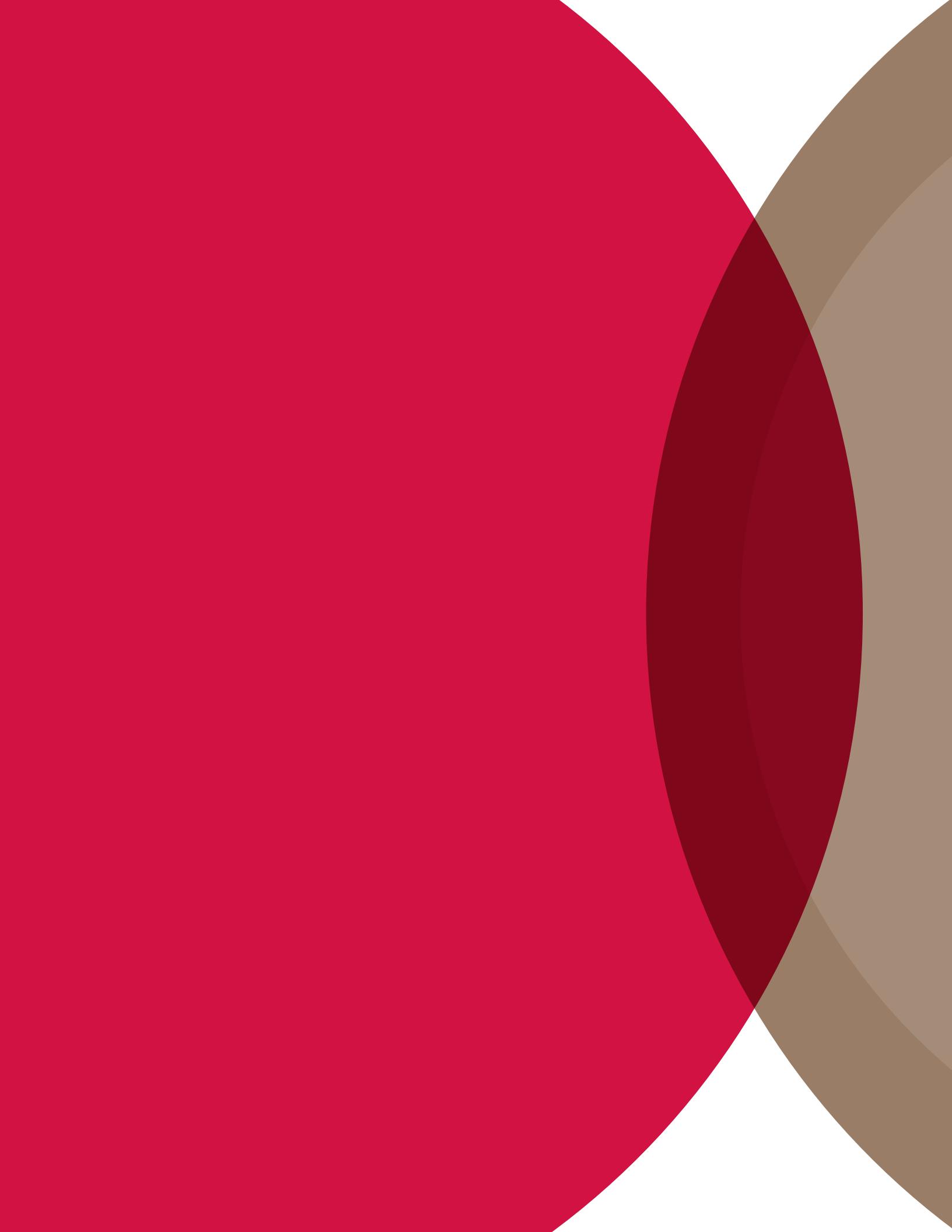
C'est avec plaisir que je vous transmets par la présente la version finale du supplément à l'avis de 2006 *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. Ce supplément est intitulé : *Enjeux éthiques des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire*.

Je vous prie d'accepter, Monsieur le Ministre, l'expression de ma haute considération.

La présidente de la Commission



Édith Deleury



INTRODUCTION	9	Les enjeux de gouvernance	47
CHAPITRE 1 : L'ÉTAT DE LA SITUATION	15	Les sciences et la gouvernance : développement des connaissances et de l'expertise	47
L'échelle nanométrique	17	Le financement de la recherche	48
Les applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire	19	Le réseau de veille et le développement de l'expertise	49
La production agricole	20	La société et la gouvernance	50
Les herbicides, pesticides et engrais	20	L'information des parties prenantes	50
L'agriculture de précision	21	La consultation permanente	51
La nanomédecine vétérinaire	21	Les outils réglementaires	52
Le traitement des eaux et des sols	22	Les « aliments nouveaux »	52
La transformation des aliments	22	La diffusion de tous les résultats	54
Le contrôle de la qualité	22	L'étiquetage : une avenue à considérer	54
L'amélioration des procédés de transformation	23	Plusieurs recommandations, une seule vision	55
Les ingrédients alimentaires nanostructurés	23		
La distribution des aliments	23	CONCLUSION	57
L'amélioration des emballages traditionnels	24		
Les emballages actifs	24	BIBLIOGRAPHIE	61
Les emballages dits « intelligents »	24		
Les emballages biodégradables ou comestibles	24	ANNEXE 1 - EXTRAIT DE LA DEMANDE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC	68
La consommation	25		
Les nanoceutiques	25	ANNEXE 2 - ACTIVITÉ DE CONSULTATION DE LA COMMISSION ET LES TRAVAUX RÉALISÉS À CONTRAT	70
L'amélioration des équipements de cuisine	26		
En résumé	27	LES MEMBRES DU COMITÉ DE TRAVAIL	71
CHAPITRE 2 : LES CONSIDÉRATIONS DU RISQUE ET L'ENCADREMENT LÉGAL ACTUEL	29	LES MEMBRES DE LA COMMISSION DE L'ÉTHIQUE EN SCIENCE ET EN TECHNOLOGIE	72
L'analyse scientifique du risque	31	TABLE DES TABLEAUX ET FIGURES	
L'identification des dangers	32	Tableau 1. Applications potentielles des nanotechnologies à tous les stades de la chaîne alimentaire	12
La caractérisation des dangers	33	Tableau 2. Applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire	27
L'évaluation de l'exposition	34	Figure 1. Échelle nanométrique	17
La caractérisation du risque	35	Figure 2. Exemples tirés du domaine agroalimentaire	18
La toxicité pour l'humain	35	Figure 3. Structure d'analyse des risques	32
L'éotoxicité	36		
Les limites des conclusions de l'évaluation scientifique actuelle	36		
L'encadrement légal actuel	38		
Les lois et règlements canadiens	38		
Les lois et règlements québécois	38		
Les instruments internationaux	39		
Les nanotechnologies et le risque « perçu »	40		
CHAPITRE 3 : LES PRÉOCCUPATIONS D'ORDRE ÉTHIQUE ET RECOMMANDATIONS	43		
Un enjeu de santé publique	45		
Un risque hypothétique	46		
L'incertitude appelle la précaution	46		



LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AFSSA

Agence française de sécurité sanitaire des aliments

AFSSET

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

CAC

Conseil des académies canadiennes

DEFRA

Department for Environment, Food and Rural Affairs , Royaume-Uni

EFSA

European Food Safety Authority

EPA

Environmental Protection Agency, États-Unis

FAO

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

GDT

Le grand dictionnaire terminologique (de l'Office québécois de la langue française)

MAPAQ

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

OMS

Organisation mondiale de la santé

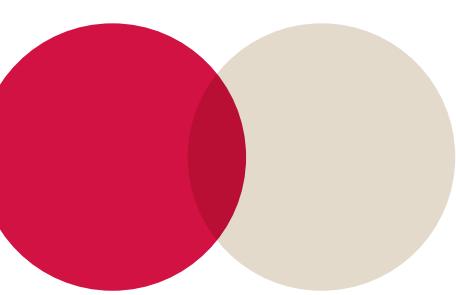
OQLF

Office québécois de la langue française





INTRODUCTION



INTRODUCTION

En 2006, la Commission de l'éthique de la science et de la technologie (Commission ou CEST¹) publiait un avis intitulé *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. Ce document dressait un portrait de la nanoscience et des nanotechnologies afin de cerner les enjeux éthiques accompagnant leur apparition. La Commission présentait ainsi les motivations qui l'avaient menée à privilégier ce thème :

Née de la convergence des recherches fondamentales en physique, en chimie et en biologie, la nanotechnologie est souvent présentée comme l'une des technologies les plus prometteuses pour l'avenir de l'humanité. Son caractère novateur, son passage amorcé du laboratoire à la fabrication industrielle et à la commercialisation, l'importance des investissements publics et privés dans son développement et dans sa promotion ainsi que dans les retombées attendues sont autant d'éléments qui ont incité la Commission à aborder le sujet dans une perspective éthique (CEST, 2006, p. xix).

À la fin de son avis, la Commission reconnaissait qu'elle était loin d'avoir épousé le sujet des nanotechnologies. De fait, bien des questionnements restaient en suspens, laissant entrevoir que les enjeux abordés seraient bientôt multipliés par des découvertes et des applications toujours plus nombreuses. La Commission concluait d'ailleurs sa réflexion par ce constat :

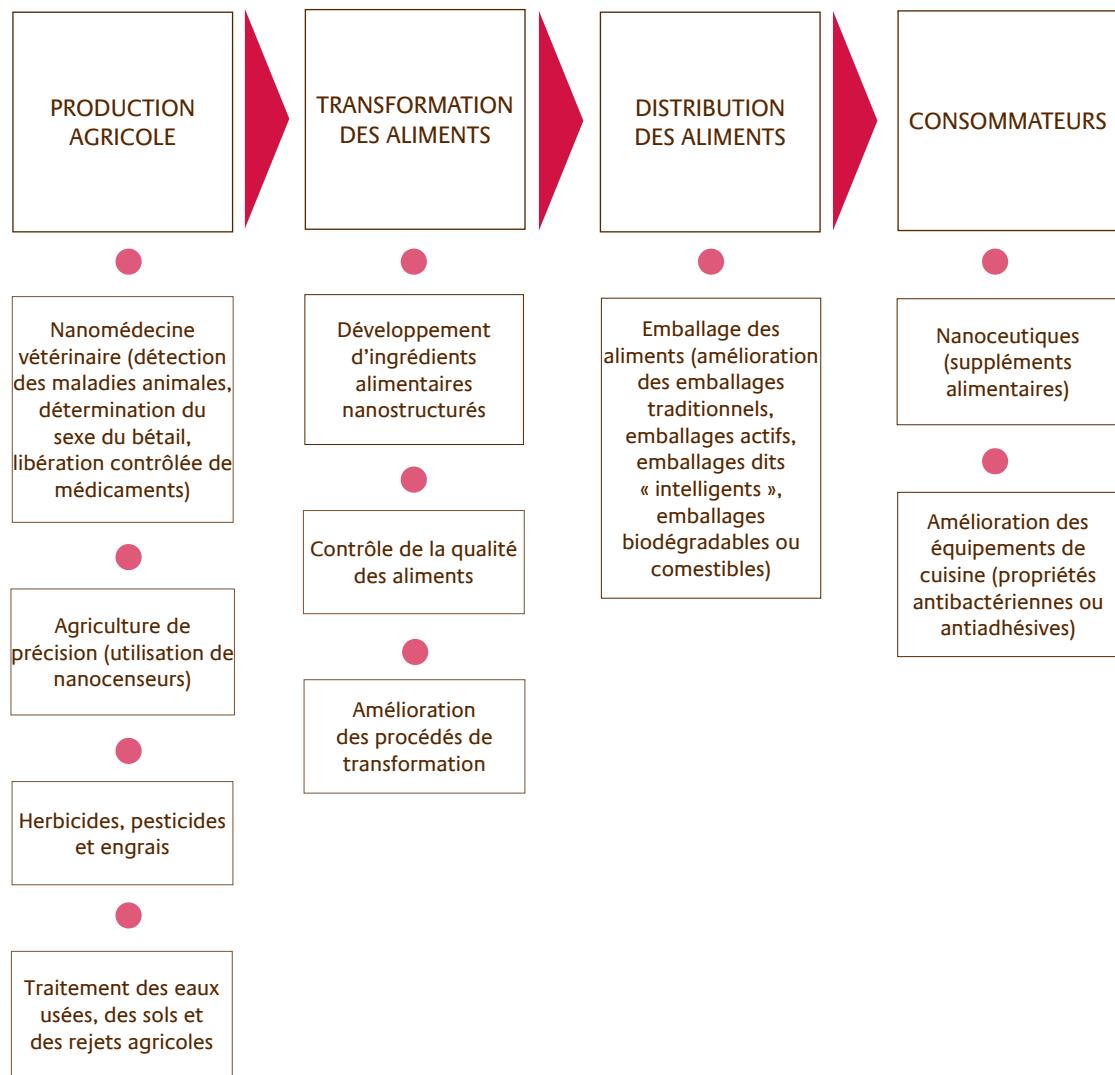
La réflexion sur les enjeux éthiques et sociaux des technologies s'amorce à peine et il faudra continuer à réfléchir, discuter, émettre des opinions sur les nanotechnologies et sur la manière d'assurer leur développement harmonieux. Aussi, la Commission estime-t-elle nécessaire que se poursuive sa réflexion sur des questions plus précises que l'État pourrait se poser en ce qui concerne la gestion responsable des nanotechnologies, au fur et à mesure des orientations ou des décisions qu'il y aura à prendre à l'avenir (CEST, 2006, p. xxviii).

Préoccupé par une gestion responsable des nanotechnologies, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) a adressé à la Commission, en juin 2009, une lettre faisant état d'un certain nombre de questions concernant l'usage des nanotechnologies en agroalimentaire, particulièrement des questions éthiques et sociales découlant de cette utilisation². Il y était proposé que la Commission rédige un supplément à son avis de 2006 qui traiterait exclusivement de l'utilisation des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire. Cette demande a été accueillie favorablement par la Commission. Or, poser un regard sur les nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, c'est aborder le développement d'applications qui en sont encore à leurs débuts. Déjà, l'avènement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire promet de révolutionner la filière alimentaire à tous les niveaux, c'est-à-dire au niveau de la production, de la transformation et de la distribution des aliments. Pour l'industrie, le développement des nanotechnologies permettra de répondre plus adéquatement aux pressions et aux demandes du marché, qu'il s'agisse de proposer des méthodes de production plus rentables et plus efficaces, d'offrir des produits plus attrayants respectant des critères « santé » plus stricts ou d'assurer une détection plus complète et plus rapide des sources de contamination alimentaire. Sans être exhaustif, le diagramme qui suit présente les différentes applications possibles des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire.

1 Le 1^{er} juillet 2011, la Commission a été instituée sous le nom de *Commission de l'éthique en science et en technologie*.

2 Voir annexe 2.

TABLEAU 1 APPLICATIONS POTENTIELLES DES NANOTECHNOLOGIES
À TOUS LES STADES DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE



L'évaluation éthique des développements technoscientifiques dans le secteur agroalimentaire doit impérativement considérer le caractère unique des activités touchant l'alimentation. En effet, tous les humains sont contraints de satisfaire leur besoin fondamental de se nourrir sur une base régulière, puisque s'alimenter, c'est d'abord assurer sa survie. Cependant, même dans les sociétés où la grande disponibilité des aliments occulte cette question de « survie », les choix alimentaires s'y traduisent souvent en termes d'enjeu de santé et d'identité, d'impacts environnementaux et de questions de gouvernance.

Dans nos sociétés contemporaines, on assiste de manière récurrente à des « incidents » où des aliments deviennent de véritables menaces pour la santé : contaminations, empoisonnements, intoxications. À l'instar des grandes crises alimentaires qui ont marqué les dernières décennies, ces situations mettent en relief l'importance des enjeux associés aux activités entourant l'alimentation.

Les choix alimentaires des consommateurs ne reposent pas simplement sur un raisonnement linéaire qui associerait l'innocuité d'un aliment à son acceptabilité. Même s'ils sont déterminés à la base par une nécessité biologique, ils sont aussi profondément influencés par des facteurs sociaux, culturels ou religieux qui guident et rassurent les consommateurs dans leurs décisions. La logique qui sous-tend les choix alimentaires des consommateurs est complexe et, dès lors, difficilement prévisible.

En abordant l'évaluation éthique des enjeux liés au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, la Commission considère qu'il faut absolument s'attarder à l'importance et aux particularités de l'alimentation pour tous les humains : il s'agit d'une activité qui soulève un questionnement fondamental. Par conséquent, tout développement ayant une incidence sur l'industrie agroalimentaire doit minimalement satisfaire aux exigences en matière d'innocuité. Dans sa réflexion éthique sur le développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, la Commission privilégiera donc la perspective du consommateur comme angle d'analyse et portera une attention particulière aux questions de santé publique qui peuvent se rattacher à ces développements technoscientifiques. En adoptant cette perspective, la Commission entend répondre à son objectif de traiter les aspects spécifiques des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire tout en évitant de reprendre les éléments d'analyse déjà présents dans son avis sur les nanotechnologies.

Retenant les grandes divisions de l'avis sur les nanotechnologies publié en 2006, ce supplément se divise en trois chapitres. Afin de bien situer le lecteur par rapport au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, le premier chapitre présente sommairement les diverses applications les plus susceptibles d'être mises au point à court ou à moyen terme. Le second chapitre fait état de l'encadrement légal qui régit actuellement les produits issus des nanotechnologies et aborde la question du risque associé à ces développements. Dans le troisième chapitre, la Commission conclut sa réflexion en abordant les principaux enjeux associés à ces développements technoscientifiques. Elle y formule neuf recommandations qui représentent à ses yeux les mesures minimales permettant d'assurer une gestion socialement responsable de ces développements.





L'ÉTAT DE LA SITUATION

L'ÉTAT DE LA SITUATION

Le développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire est assez récent comparativement à celui dans d'autres secteurs comme les matériaux, l'électronique ou les sciences de la santé.

Certains experts dans le domaine prédisent un accroissement considérable de ce marché pour les prochaines années (FAO/OMS, 1995, p. 3). En effet, les investissements importants en recherche dans plusieurs pays laissent présager l'arrivée massive de produits de consommation issus des nanotechnologies. Toutefois, la recension des produits offerts sur le marché se heurte à plusieurs difficultés. Par exemple, l'absence d'un consensus quant à la caractérisation des objets nanotechnologiques conduit à une utilisation de l'appellation « nanotechnologique » qui ne réfère pas nécessairement à des critères scientifiques validés. Il est donc très difficile d'identifier, de classer, d'évaluer et de comparer les produits.

De plus, l'information fiable et actualisée sur les produits commercialisés contenant des nanoparticules ou ayant été conçus grâce aux nanotechnologies n'est pas

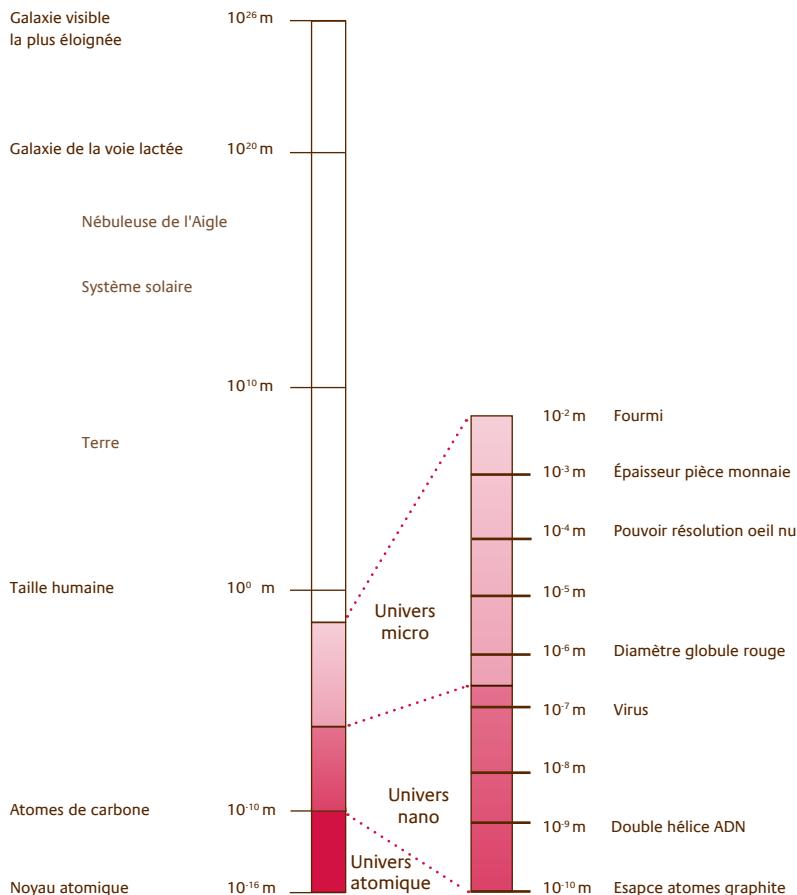
facilement accessible. À titre d'exemple, l'inventaire du Project on Emerging Nanotechnologies (PEN)³ répertorie 1317 produits « nanotechnologiques » commercialisés par 587 compagnies basées dans 30 pays. En comparaison, un rapport publié en 2009 par la firme de consultants Helmut Kaiser⁴ dénombre 2580 produits (dont 300 « nanoaliments ») offerts par 1200 compagnies qui sont présentes dans 40 pays. On peut ainsi penser que, dans le secteur agroalimentaire, les nanotechnologies sont bel et bien présentes, mais qu'elles se font très discrètes.

Ce premier chapitre veut rendre compte de l'état actuel de la recherche sur les nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire. Il est divisé en deux sections. La première section fournit quelques définitions permettant de situer rapidement les nanotechnologies. La seconde présente les applications nanotechnologiques existantes et annoncées⁵ dans le secteur agroalimentaire.

L'ÉCHELLE NANOMÉTRIQUE

Par définition, les nanotechnologies font référence à l'univers de l'infiniment petit, un monde que l'on mesure en nanomètres (nm). Un nanomètre équivaut à un milliardième de mètre (1×10^{-9} m). Il s'agit d'une unité de mesure difficile à concevoir. À titre d'illustration, l'épaisseur d'un cheveu humain mesure à peu près 50 000 nanomètres et le diamètre d'un globule rouge, environ 5000 nanomètres. Pour illustrer la taille relative des objets à l'échelle nanométrique, voici quelques points de référence :

FIGURE 1 ÉCHELLE NANOMÉTRIQUE



Source : adapté de UNESCO, 2008, p. 5.

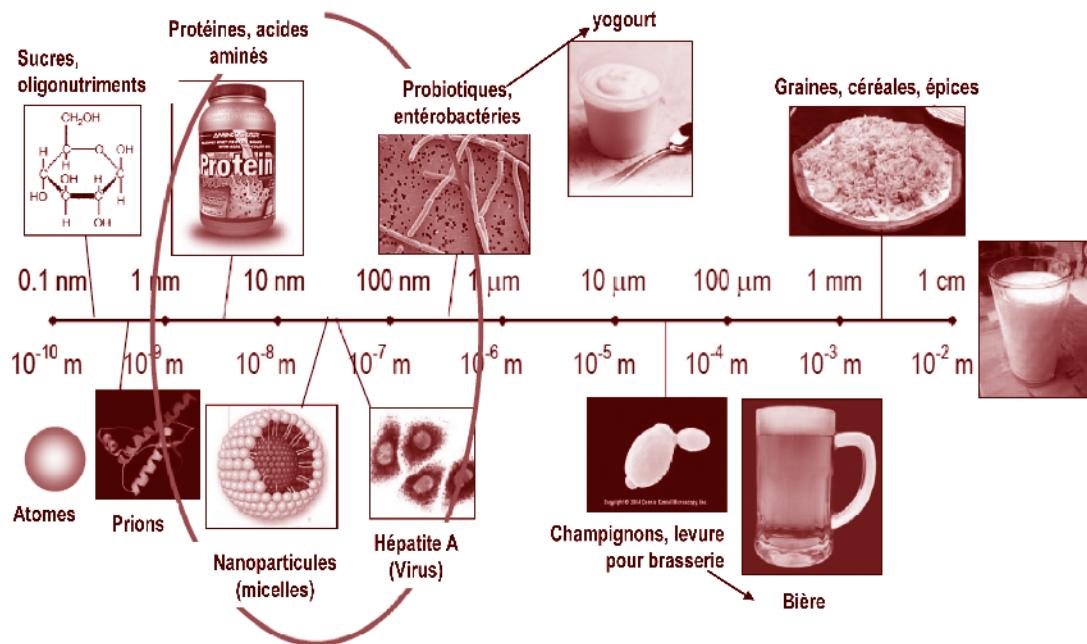
3 En date du 10 mars 2011. Cet inventaire ne prétend pas être exhaustif ni à jour. À ce sujet, il importe de noter les sérieuses mises en garde de Berube et collab. (2010) quant à la validité et à la fiabilité des données présentées sur ce site.

4 La Commission n'a pas eu accès au rapport complet publié par cette firme de consultant, mais à un résumé offert en ligne, étant donné les coûts prohibitifs pour consulter le document. Voir l'adresse suivante : <http://www.hkc22.com/nanobasedproducts.html>.

5 Plusieurs contraintes empêchent de distinguer avec précision les applications qui sont actuellement utilisées et celles qui appartiennent encore au monde de la recherche. Par conséquent, nous utiliserons l'expression « applications nanotechnologiques » pour désigner l'ensemble des applications, qu'elles soient existantes ou annoncées.

On peut aussi utiliser quelques exemples tirés du domaine agroalimentaire :

FIGURE 3 EXEMPLES TIRÉS DU DOMAINE AGROALIMENTAIRE



Source : traduit avec la permission des auteurs. [http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_esof_2010_presentation_stamm.pdf]. © Union européenne, 2011.

La production de structures à l'échelle nanométrique (nanotechnologies) a été rendue possible grâce au développement d'outils permettant d'observer et de manipuler des matériaux à cette échelle (nanosciences)⁶. Plus formellement, la Commission a retenu, dans son avis de 2006 (p.7), les définitions suivantes de la nanoscience et de la nanotechnologie :

« La nanoscience est l'étude scientifique, à l'échelle des atomes et des molécules, de structures moléculaires dont au moins une de leurs dimensions mesure entre 1 et 100 nanomètres, dans le but de comprendre leurs propriétés physicochimiques particulières et de définir les moyens à utiliser pour les fabriquer, les manipuler et les contrôler. Dans un sens plus général, le terme nanoscience peut désigner l'ensemble des recherches qui s'intéressent à toute structure de la matière qui comporte au moins une dimension nanométrique, sans que ces études visent nécessairement la fabrication d'objets ou de matériaux utilisables dans différents domaines.

Décollant de la nanoscience, la nanotechnologie est la conception et la fabrication, à l'échelle des atomes et des molécules, de structures qui comportent au moins une dimension mesurant entre 1 et 100 nanomètres, qui possèdent des propriétés physicochimiques particulières exploitables, et qui peuvent faire l'objet de manipulations et d'opérations de contrôle. »

Par définition, les matériaux nanométriques se distinguent donc des matériaux traditionnels par leur taille extrêmement petite. Encore plus fondamentalement, ils se distinguent par leurs propriétés physiques et chimiques⁷ fort différentes de celles de leurs équivalents macroscopiques. Sans vouloir passer en revue l'ensemble de ces différences, il convient de souligner que les nanomatériaux présentent une réactivité chimique beaucoup plus importante. Cette dernière est attribuable au fait que le rapport entre la surface et le volume est beaucoup plus élevé pour les matériaux nanométriques. On sait que, de manière générale, la hausse de la réactivité chimique est directement proportionnelle à l'augmentation des surfaces permettant ces réactions. Il n'est donc pas surprenant de constater que, à volumes égaux, les matériaux nanométriques présentent une réactivité chimique supérieure à celle des matériaux conventionnels.

Changement de propriété des matériaux nanométriques

Par simple réduction de la taille (à moins de 100 nm), sans le moindre changement de substance, on peut modifier les propriétés d'un matériau de façon spectaculaire. Certaines caractéristiques – conductivité, réactivité, solidité, couleur et surtout, toxicité – peuvent changer de façon imprévisible. Par exemple, une substance rouge quand elle mesure un mètre de largeur peut devenir verte si on la réduit à quelques nanomètres; sous forme de graphite, le carbone est tendre et malléable – à l'échelle nano, il peut devenir aussi solide que l'acier. Un seul gramme d'un matériau catalyseur formé de particules de 10 nanomètres est environ 100 fois plus réactif que la même quantité de ce matériau formé de particules d'un micromètre (le micron est 1000 fois plus gros que le nanomètre).

Source : *La ferme atomisée*, ETCgroup, 2004, p. 6.

LES APPLICATIONS NANOTECHNOLOGIQUES DANS LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE

Depuis plusieurs décennies, les développements technologiques jouent un rôle majeur dans la transformation du secteur de l'agriculture. Certains historiens soulignent que le modèle agricole est passé, en Occident, d'une agriculture traditionnelle à une agriculture industrialisée. Les développements technologiques sont généralement perçus comme un facteur important de la « révolution verte »⁸ qui a marqué la fin du XX^e siècle et qui s'est traduite par un accroissement très important de la production agricole à l'échelle mondiale. En contrepartie, plusieurs conséquences négatives liées aux changements dans les modes de production agricole sont aussi associées à cette révolution, notamment en ce qui concerne certains impacts environnementaux parfois jugés « dévastateurs », sans compter les effets collatéraux qui ont pu en résulter pour les agriculteurs. L'histoire de l'agriculture est donc profondément marquée par la préoccupation d'améliorer le rendement agricole au moyen de la recherche scientifique et du développement technologique.

Sur le plan de l'organisation sociale, cette lente progression a conduit à la naissance de l'industrie agroalimentaire au XIX^e siècle. Définie comme étant « l'ensemble des activités économiques reliées essentiellement à la production, à la transformation, à l'exploitation et au conditionnement des produits agricoles destinés à l'alimentation humaine et animale⁹ », cette industrie représente aujourd'hui un des plus importants acteurs économiques de la planète.

6 Pour une présentation plus détaillée de l'univers des nanotechnologies, voir CEST, 2006, p. 5-23, ainsi que les diverses références qui y sont proposées.

7 Pour une présentation plus détaillée de ces propriétés, voir le comité d'experts sur les nanotechnologies du Conseil des académies canadiennes (CE-CAC), 2008, p. 29-43.

8 Selon le site de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, « [...] la Révolution verte est un terme utilisé pour décrire une période qui va plus ou moins des années 60 à 1990 lorsque la productivité agricole est montée en flèche dans le monde en développement », en ligne : <http://www.fao.org/kids/fr/revolution.html>.

9 Voir l'expression « industrie agroalimentaire », dans *Le grand dictionnaire terminologique* de l'Office québécois de la langue française (GDT-OQLF).

Quatre secteurs forment la filière agroalimentaire, aussi nommée « chaîne de production alimentaire » :

1. La production agricole;
2. La transformation des aliments;
3. La distribution des aliments;
4. La consommation.

Ces quatre maillons permettent de situer l'ensemble des activités touchant la production des aliments « de la ferme à la table ». Ils représentent donc la structure retenue par la Commission pour rendre compte du développement des applications nanotechnologiques¹⁰.

La production agricole

Le secteur de la production agricole regroupe les activités liées à la culture et à l'élevage. Le développement technologique dans ce secteur vise généralement deux objectifs : l'augmentation des rendements et la diminution des coûts. La recherche et le développement d'applications nanotechnologiques touchent quatre sujets,

1. La production d'herbicides, de pesticides et d'engrais;
2. Le développement d'une agriculture de précision;
3. La « nanomédecine vétérinaire »;
4. Le traitement des eaux et des sols.

Les herbicides, pesticides et engrais

Dans le secteur de l'agriculture¹¹, l'amélioration de l'efficacité des herbicides, des pesticides et des engrais constitue un champ de recherche en plein essor. Les objectifs sont multiples : améliorer l'efficacité des produits tout en réduisant leur impact environnemental négatif; diminuer leur taux de ruissellement; augmenter leur solubilité ou réduire le contact des travailleurs agricoles avec les ingrédients actifs de ces produits¹².

À l'heure actuelle, il existe trois principales catégories d'applications des nanotechnologies dans ce secteur¹³:

1. **Les produits de type « nanocomposite »** : Il s'agit de produits dont la taille a été réduite à l'échelle nanométrique.
2. **Les « nanoadditifs »** : Ce sont des nanomatériaux (engrais, oligo-éléments ou autres matériaux) ajoutés à un intrant qui est à l'échelle macroscopique.
3. **Les nanomatériaux d'enrobage ou d'accueil** : Il s'agit de nanomatériaux (par exemple, un film d'enrobage) utilisés pour contrôler la libération du produit (DeRosa, 2009, p. 13).

L'agriculture de précision

L'agriculture de précision est une forme d'agriculture qui vise à améliorer le rendement en tenant compte des diverses particularités locales des champs et des cultures¹⁴. Par exemple, en agriculture de précision, on ne considère pas les champs comme des unités uniformes qui demandent des traitements tout aussi uniformes, mais on cherche à répondre aux besoins des différentes « zones » qui coexistent dans ces champs. Pour ce faire, on a recours à différents senseurs et outils de diagnostic pour faciliter la gestion des champs. Les nanotechnologies permettraient la mise au point de « nanocapteurs »¹⁵ assurant la supervision des différentes particularités des champs et des cultures. Disséminés un peu partout sur les terrains de l'exploitation agricole, ces nanocapteurs permettraient de contrôler un ensemble de paramètres influençant la productivité et de collecter des renseignements au sujet de ces paramètres. Par exemple, ils pourraient mesurer l'humidité et la température dans les champs, la condition des sols et la croissance des cultures (Neethirajan, 2007). Les données transmises par les nanocapteurs pourraient permettre de suivre et de corriger en temps réel certaines situations problématiques localisées, par exemple, un besoin d'irrigation uniquement pour une partie de champ cultivé (ETC Group, 2004, p. 15-21). De plus, ces nanocapteurs pourraient détecter la présence de certains contaminants (insectes, champignons ou microorganismes) et, par exemple, réduire ainsi les pertes qui surviennent durant l'entreposage des céréales.

La nanomédecine vétérinaire

Le domaine de la médecine vétérinaire fait aussi l'objet de nombreuses recherches qui conduisent à la mise au point d'applications nanotechnologiques, que ce soit dans le domaine de la manipulation d'échantillons biologiques (sang, tissus, sperme), de la détection précoce des maladies, de la prédétermination du sexe du bétail ou de l'amélioration de la productivité des élevages. Tout particulièrement, on cherche à créer des nanoparticules pharmaceutiques permettant la libération contrôlée des médicaments (ETC Group, 2004, p. 29-32). À titre d'exemple, des chercheurs tentent de concevoir une moulée contenant des nanoparticules de polystyrène qui possèdent des propriétés antibiotiques. Cette moulée pour les poulets d'élevage constitue une solution de rechange aux antibiotiques traditionnels (Neethirajan, 2007). Déjà, des aliments pour animaux contenant des nanoparticules de synthèse sont offerts dans certains pays (Louergue, 2008, p. 15). L'élaboration de vaccins pour le bétail, la volaille et les poissons (ETC Group, 2004, p. 35) ainsi que la préparation d'accélérateurs de croissance font aussi partie des applications sur lesquelles se penche la recherche en nanomédecine vétérinaire.

De plus, suivant la logique d'une agriculture de précision, la nanomédecine vétérinaire s'intéresse aussi à l'utilisation de nanocapteurs pour recueillir une multitude d'informations sur les troupeaux, ce qui inclut la supervision de l'état de santé des animaux (ETC Group, 2004, p. 34).

10 Voir l'annexe 4 de FAO/OMS, 2011, p. 110-114 pour un résumé des applications dans ce secteur.

11 Selon le GDT-OQLF, l'agriculture se définit comme « l'ensemble des activités développées par l'homme, qui ont pour objet la transformation de son milieu naturel afin de produire les végétaux et les animaux qui lui sont utiles, en particulier ceux qui sont nécessaires à son alimentation ».

12 À titre d'exemple, voir DeRosa, 2009, p. 8-10; Neethirajan, 2007; Robinson et Morrison, 2009, p. 12; ETC Group, 2004, p. 12.

13 Il est à noter que les formulations d'engrais peuvent appartenir à plus d'une catégorie.

14 Selon le GDT-OQLF, l'agriculture de précision est une « forme d'agriculture qui prend en compte l'hétérogénéité interparcellaire et qui utilise les techniques de la géomatique pour en tirer profit ». L'OQLF précise aussi que « le système GPS est beaucoup mis à contribution pour l'acquisition de données dans cette forme d'agriculture. L'interprétation des données permettra un meilleur dosage des engrains, notamment, et contribuera à l'amélioration du rendement ».

15 Selon l'OQLF (2010, p. 38), un nanocapteur est un « dispositif qui utilise un nano-objet ou une propriété de la matière à l'échelle nanométrique pour détecter la présence d'entités physiques ou biologiques, ou pour déceler des changements ou des déplacements en rapport avec celles-ci ».

Le traitement des eaux et des sols

Les questions entourant la qualité des eaux et des sols interpellent constamment le secteur agricole. En effet, certains rejets agricoles contribuent à la contamination de l'environnement et nuisent considérablement à la production. Certaines recherches visent donc à développer des applications nanotechnologiques qui permettraient la dépollution des eaux usées et des sols ou, en amont du problème, le traitement des rejets à la source (De Paula Herrmann et Brum, 2009). Par exemple, des chercheurs veulent exploiter les propriétés adsorbantes¹⁶ de matériaux nanostructurés afin de transformer certains rejets contaminants en produits inoffensifs pour l'environnement et l'humain.

En ce qui a trait au traitement des eaux, l'amélioration des techniques de filtration demeure l'avenue privilégiée. En effet, les développements nanotechnologiques permettent la fabrication de membranes de filtration dont les pores mesurerait quelques nanomètres. Ces filtres pourraient éliminer les bactéries, virus et métaux lourds, et produire de l'eau potable sans que d'autres formes de traitement (chimique, thermique, etc.) soient nécessaires (Grimshaw, 2009). On pourrait même utiliser ce procédé de filtration pour traiter l'eau salée et ainsi permettre l'irrigation de terres¹⁷ situées dans des régions pauvres en eau douce.

Plusieurs applications nanotechnologiques pourraient servir à la dépollution des sols. L'élimination de métaux lourds ou d'autres contaminants fait l'objet de recherche. Par exemple, des études tendent à démontrer que la dissémination de différents types de nanoparticules sur des sites contaminés a permis d'éliminer rapidement et à faible coût certains métaux lourds (ETC Group, 2003, p. 29; Zhang, 2003, p. 323-332). Certaines nanotechnologies pourraient même permettre la récupération et le recyclage de produits contaminants qui sont déversés au cours d'activités agricoles.

La transformation des aliments

Le second secteur du système de production alimentaire englobe toutes les activités de transformation des aliments et, encore une fois, le développement d'applications nanotechnologiques tente de répondre aux principaux défis dans ce domaine. Ces défis résident principalement dans le contrôle plus strict et plus rigoureux de la qualité des produits transformés d'une part et, d'autre part, dans l'offre de produits de plus en plus attrayants et plus rentables économiquement. On peut donc distinguer trois groupes d'applications :

- Le contrôle de la qualité;
- L'amélioration des procédés de transformation;
- Le développement d'ingrédients alimentaires nanostructurés.

Le contrôle de la qualité

Le secteur de la transformation des aliments porte une attention particulière au contrôle de la qualité afin d'atteindre deux principaux objectifs : détecter les contaminants pouvant être préjudiciables à la santé humaine et assurer la meilleure qualité possible des produits offerts. Actuellement, les processus d'analyse et de contrôle sont généralement longs et coûteux, et ils nécessitent le prélèvement d'échantillons et l'analyse en laboratoire. Les développements nanotechnologiques et la mise au point de nanocapteurs pourraient permettre de détecter les agents contaminants, qu'ils soient chimiques ou biologiques, beaucoup plus rapidement et avec une plus grande précision (Robinson et Morrison, 2009, p. 16-18). Grâce à l'extrême sensibilité de ces nanocapteurs, il serait possible de faire une évaluation continue et en temps réel de la qualité des aliments transformés.

De la même manière, on pourrait se servir de différents nanocapteurs décrits comme des « langues et nez électroniques » pour remplacer certaines formes d'évaluation de produits transformés (par la couleur, la senteur, le goût, la texture) sans recourir au jugement d'experts. Ainsi, l'évaluation des produits serait plus uniforme.

L'amélioration des procédés de transformation

L'industrie de la transformation doit continuellement relever le défi d'assurer l'hygiène des lieux où l'on transforme les aliments. Elle utilise donc des outils dont les revêtements facilitent l'entretien régulier et des surfaces de travail qui résistent à des usages intensifs.

Dans ce contexte, les nanotechnologies pourraient permettre d'améliorer la qualité du revêtement des outils et des surfaces utilisés pour la transformation des aliments. Certains composés nanométriques, à base d'ions d'argent par exemple, sont reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes. Intégrés aux surfaces de travail ou à certains outils, ils pourraient prévenir le développement de certains contaminants biologiques et assurer ainsi la salubrité des équipements. De la même manière, certains revêtements nanostructurés pourraient faire augmenter considérablement la durabilité d'équipements qui sont en contact avec les aliments dans les processus de transformation.

D'autre part, les développements nanotechnologiques dans ce domaine pourraient aussi permettre d'améliorer des procédés de filtration déjà existants en utilisant, par exemple, des composites à base de nanoparticules d'argile. En plus d'offrir un produit de meilleure qualité, ces filtres structurés à l'échelle nanométrique pourraient servir à recueillir directement certaines protéines au moyen d'un simple processus de filtration (Robinson et Morrison, 2009, p. 20).

Les ingrédients alimentaires nanostructurés

L'industrie de la transformation constate actuellement une augmentation de la demande pour des aliments santé préparés, par exemple des aliments à teneur réduite en sel, en sucre ou en gras. Or, le fait de retirer le sel, le sucre ou le gras d'un aliment transforme sa saveur ou sa texture à un point tel que celui-ci devient moins attrayant. L'industrie de la transformation cherche donc d'autres moyens de satisfaire la demande pour des aliments plus « sains » sans modifier leur saveur ni leur texture.

Les nanotechnologies pourraient permettre de développer des ingrédients nanostructurés afin d'améliorer la couleur, la texture et la consistance des aliments transformés pour les rendre plus agréables. On tente, par exemple, de développer des émulsions nanostructurées permettant de réduire la quantité de gras dans les aliments sans changer leur consistance (Robinson et Morrison, 2010, p. 61-65)¹⁸.

La distribution des aliments

Le domaine de la distribution des aliments est sans doute celui où l'on trouve le plus grand nombre d'applications nanotechnologiques (FAO/OMS, 2011, p. 10). Ces dernières visent principalement à améliorer les procédés de conservation. En effet, depuis une dizaine d'années, les efforts de recherche et d'innovation ont essentiellement porté sur le perfectionnement et la mise au point de matériaux « barrières » (nouveaux polymères et matériaux composites, matériaux nanostructurés) afin d'améliorer leurs propriétés sur le plan de la flexibilité, de la durabilité et de la solidité, et de permettre une meilleure gestion de la température et de l'humidité ainsi qu'une meilleure protection des produits emballés contre les rayons ultraviolets.

Les applications nanotechnologiques dans ce domaine peuvent être regroupées en quatre thèmes :

1. L'amélioration des emballages traditionnels;
2. Les emballages actifs;
3. Les emballages dits « intelligents »;
4. Les emballages biodégradables ou comestibles.

16 Selon le GDT-OQLF, un adsorbant est une « substance capable de fixer des molécules de gaz ou de liquide par adhérence superficielle ».

17 Bien évidemment, ces technologies pourraient servir à alimenter des populations ayant besoin d'eau potable (Zilliox, 2002, p. 219; Grimshaw, 2009).

18 L'exemple type est la préparation d'une mayonnaise à faible teneur en gras. À ce sujet, voir aussi Morris, 2010, p. 61-65.

L'amélioration des emballages traditionnels

L'emballage des aliments a comme fonction principale de créer une « barrière » protectrice pour contrôler la qualité et la fraîcheur des aliments. Dans ce secteur d'activité, les développements nanotechnologiques ont permis d'ouvrir plusieurs avenues quant à l'amélioration des propriétés des emballages (Smolander et Chaudhry, 2010, p. 87), qu'il s'agisse d'une meilleure résistance aux contraintes mécaniques (par exemple, au déchirement) (Arora et Padua, 2010, p. R43), d'une plus grande imperméabilité aux gaz, d'une amélioration de la qualité d'impression (facilitant, par exemple, l'étiquetage), ou d'une augmentation de la résistance à la chaleur.

Dans ce domaine, l'effort de recherche vise surtout à développer des « nanocomposites », c'est-à-dire des matériaux dont les propriétés « barrières » sont améliorées par l'ajout de nanoparticules. Les premiers nanocomposites à apparaître sur le marché étaient à base de nanoparticules d'argile (ou « nanoargile »). On trouve aussi des nanocomposites contenant des nanoparticules de métal ou d'oxyde de métal¹⁹.

Les emballages actifs

L'emballage actif représente un développement par rapport aux emballages traditionnels dans la mesure où il « [...] contient des composés actifs qui réagissent avec l'environnement pour conserver le produit. Il permet des échanges de gaz, vapeurs ou solutés entre l'aliment, l'emballage et éventuellement l'atmosphère entourant le produit » (FAO/OMS, 2011, p. 12). Par exemple, un emballage pourrait permettre de libérer un agent gazeux lorsque l'aliment commencerait à s'abîmer afin de contrer le processus de mûrissement (Chaudhry et collab., 2008, p. 247). Ainsi, on dit d'un emballage qu'il est « actif » s'il « améliore ou maintient la qualité d'un produit » (Smolander et Chaudhry, 2010, p. 86). Plusieurs de ces systèmes élaborés à partir de technologies traditionnelles sont présentement sur le marché²⁰. Le recours aux nanotechnologies pourrait permettre une amélioration de l'efficacité de ces technologies.

Les emballages dits « intelligents »

Pour leur part, les emballages dits « intelligents » ont pour fonction de recueillir et de donner de l'information sur l'état et la qualité des produits (Smolander et Chaudhry, 2010, p. 94; Bras, 2008, p. 4). Pour ce faire, on intègre dans les emballages divers nanosenseurs capables, par exemple, de détecter et de mesurer des variations de température ou le degré de détérioration des denrées. Certaines encres issues des nanotechnologies peuvent aussi être utilisées pour transmettre des informations de ce genre (Conseil national de l'alimentation, 2009, p. 12; ETC Group, 2004, p. 41). Par exemple, on utilise une encre contenant des nanoparticules d'oxyde de titane (TiO_2) sensibles à la lumière pour détecter une trop grande quantité d'oxygène dans les emballages (Robinson et Morrison, 2009, p. 33-34).

Les emballages biodégradables ou comestibles

Pour répondre aux préoccupations croissantes des consommateurs, la production d'emballages biodégradables est devenue un objectif important dans ce secteur. Le développement d'emballages à base de polymères d'origine biologique (ou « biopolymères ») semble prometteur. Par exemple, on a synthétisé des nanofibres de biopolymères (cellulose, collagène) possédant des qualités « barrières » comparables, voire supérieures, aux polymères traditionnels (Robinson et Morrison, 2009, p. 32). Combinés à certains nanomatériaux (par exemple, le nanoargile), ces biopolymères démontrent des propriétés pouvant contribuer à améliorer la qualité des emballages tout en demeurant biodégradables et sécuritaires pour l'environnement. À partir de ces applications, on explore aussi la possibilité de développer des polymères comestibles permettant d'enrober directement les produits alimentaires afin de les empêcher, par exemple, de devenir collants ou de rassir (ETC Group, 2004, p. 48).

La consommation

Le dernier secteur du système de production alimentaire présenté dans ce document englobe les activités de « consommation ». La Commission est consciente que l'intégration de cette catégorie d'activité comme un secteur de la filière agroalimentaire pourrait être contestée. Toutefois, elle a cru pertinent de présenter brièvement deux applications nanotechnologiques supplémentaires qui se rapportent à l'alimentation :

1. Les nanoceutiques;
2. L'amélioration des équipements de cuisine.

Les nanoceutiques

L'expression « nanoceutique » est un néologisme qui emprunte son sens à l'expression « nutraceutique ». Selon l'Office québécois de la langue française, un nutraceutique se définit comme suit : « un produit fabriqué à partir de substances alimentaires, mais rendu disponible sous forme de comprimé, de poudre, de potion ou d'autres formes médicinales habituellement non associées à des aliments, et qui s'est avéré avoir un effet physiologique bénéfique ou protecteur contre les maladies chroniques²¹ ». Par exemple, l'allucine, un composé que l'on trouve dans l'ail et dans les oignons, est reconnu pour aider à combattre l'artériosclérose et les dépôts de graisse dans les artères. Par extension, les nanoceutiques sont une forme de nutraceutiques qui exploitent les propriétés des particules nanométriques dans le but de maximiser l'effet bénéfique souhaité.

Certaines applications nanotechnologiques visent la production d'additifs nanométriques qui, une fois ajoutés aux aliments transformés, augmentent leur valeur nutritionnelle. Certains de ces additifs peuvent aussi être utilisés pour améliorer les mécanismes de diffusion et d'absorption des nutriments dans l'organisme²². Sur le marché mondial, il existe une grande variété de ces suppléments alimentaires : ainsi, on a recours à des nanocapsules pour favoriser l'absorption des suppléments (vitamine A, bêta-carotène, etc.)²³. On utilise aussi des nanoparticules de synthèse inorganiques (par exemple, des oxydes métalliques) qui sont censées avoir des effets bénéfiques, une meilleure biodisponibilité et une absorption plus facile que leurs équivalents traditionnels (Chaudhry et Groves, 2010, p. 74-75).

19 Plusieurs composés sont à l'étude, par exemple, l'argent (Ag), l'oxyde de Zinc (ZnO), les oxydes de silice (SiO_2), le dioxyde de titane (TiO_2), les oxydes d'aluminium (Al_2O_3), les oxydes de fer (Fe_3O_4 , Fe_2O_3), etc. Voir aussi Smolander et Chaudhry, 2010, p. 88-92 et FAO/OMS, 2011, p. 16-17. Les ions d'argent sont connus pour leurs propriétés biocides : introduits dans un polymère, ils pourraient permettre d'assurer un environnement « non contaminé ».

20 Les absorbeurs de vapeur d'eau, d'oxygène ou d'éthylène, les émetteurs d'éthanol ou de composés antimicrobiens, ou encore les matériaux contenant des sels d'argent à propriétés antimicrobiennes sont les meilleurs exemples d'emballages « actifs » couramment utilisés depuis quelques années dans ce secteur. À ce sujet, voir Robinson et Morrison, 2009, p. 33.

21 Voir « nutraceutique » dans le GDT-OQLF.

22 La littérature parle de « nanoémulsion » et de « nanoencapsulation ». Voir, par exemple, Neethirajan, 2007; Chaudhry et Goves, 2010, p. 74-75.

23 Dans un rapport publié en mars 2008, l'organisation non gouvernementale Friends of the Earth dénombrait 46 produits dans la catégorie des suppléments alimentaires, tandis que l'inventaire du Project on Emerging en comptait 51 en 2009.

Aliments « sur mesure »

Certains chercheurs pensent pouvoir développer un jour des aliments « sur mesure », c'est-à-dire des aliments contenant des nanoparticules qui peuvent détecter dans l'organisme des carences en vitamines ou en nutriments (Chaudhry *et collab.*, 2008, p. 255) et remédier à la situation en libérant les éléments manquants. De ce point de vue, le développement d'aliments « sur mesure » rejoint les préoccupations qui sont au cœur de la médecine personnalisée (Regroupement en soins de santé personnalisés du Québec, 2011, p. 2).

Dans le même ordre d'idée, il est question que les consommateurs puissent modifier eux-mêmes les aliments en fonction de leurs besoins nutritionnels et de leurs goûts ou selon leur profil génétique ou génomique (Joseph et Morrison, 2006, p. 10). Il est à noter qu'à l'heure actuelle, aucun aliment « sur mesure » n'est commercialisé.

L'amélioration des équipements de cuisine

La préparation des aliments par le consommateur implique l'utilisation de surfaces de travail et d'outils. Cette étape de transformation représente une source de contamination non négligeable. Un peu à l'image de ce qui se fait dans le secteur de la transformation, certaines applications nanotechnologiques visent essentiellement à rendre plus performants et sécuritaires les ustensiles de cuisine, les appareils domestiques, les contenants, etc. Par exemple, on cherche à recouvrir certains accessoires et appareils (par exemple, des biberons pour bébés, des planches à découper, des réfrigérateurs) de matériaux contenant des nanoparticules d'argent reconnues pour leurs propriétés antibactériennes (Chaudhry *et collab.*, 2008, p. 246; Bouwmeester *et collab.*, 2007, p. 78-89).

EN RÉSUMÉ

Cet aperçu de la situation révèle que l'utilisation de la nanotechnologie est envisagée dans tous les maillons de la filière agroalimentaire. Chacune des applications possibles fait appel à différentes technologies et peut impliquer l'ajout de nanoparticules. Le tableau suivant résume l'ensemble de ces applications.

TABLEAU 2 APPLICATIONS NANOTECHNOLOGIQUES DANS LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE

Catégories	Applications	Technologies	Nanoparticules de synthèse (exemples)
PRODUCTION AGRICOLE	Herbicides, pesticides et engrais	Nanoémulsions, nanocapsules	Nanosilice, nanoargile
	Agriculture de précision	Nanosenseurs	
	Nanomédecine vétérinaire	Nanocapsules	
	Traitement des eaux et des sols	Filtres (pores anométriques), nanoparticules de synthèse	TiO ₂ nanométrique incorporé, nanoparticules de synthèse (Fer, AlO)
TRANSFORMATION DES ALIMENTS	Contrôle de la qualité	Nanocapteurs	
	Amélioration des procédés de transformation	Nanoparticules de synthèse incorporées, filtres (pores nanométriques)	Nanoargent incorporé, ZnO incorporé, équipements à base de nanocéramique
	Ingrédients alimentaires nanostructurés	Aliments nanostructurés, nanocapsules, nanoparticules organiques et inorganiques	
DISTRIBUTION DES ALIMENTS	Amélioration des emballages traditionnels	Nanoparticules de synthèse incorporées dans d'autres matériaux, nanocomposites	Nanoparticules de métaux ou d'oxyde métallique (Ag, Au, ZnO, SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃), nanoargile
	Emballages actifs		
	Emballages dits « intelligents »	Nanosenseurs, nanoparticules de synthèse incorporées	
	Emballages biodégradables ou comestibles	Vaporisateur de nanoparticules	
CONSOMMATION	Nanoceutiques et suppléments	Nanoparticules de synthèse	Métaux colloïdaux (nanométriques), nanoparticules de métal (argent, ZnO), nanocapsules
	Amélioration des équipements de cuisine	Nutriments nanométriques	

Sources : Chaudhry et Groves, 2010, p. 74-75; Robinson et Morrison, 2010; FAO/OMS, 2009, p. 90-96; Bouwmeester et collab., 2007, p. 36-37.





LES CONSIDÉRATIONS DU RISQUE ET L'ENCADREMENT LÉGAL ACTUEL

LES CONSIDÉRATIONS DU RISQUE ET L'ENCADREMENT LÉGAL ACTUEL

Comme la plupart des développements technoscientifiques, les différentes applications des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire sont porteuses d'espoirs, mais aussi de craintes : si certaines applications nanotechnologiques suscitent l'enthousiasme, les risques qui leur sont associés soulèvent en même temps d'importantes inquiétudes (CE-CAC, 2008, p. 57). Il n'est donc pas surprenant de constater que la question du risque tend à occuper une place centrale dans les débats entourant ces applications technoscientifiques²⁴.

Dans son avis, la Commission a retenu la définition du risque proposée dans *Le grand dictionnaire terminologique*, soit un « événement éventuel, incertain, dont la réalisation ne dépend pas exclusivement de la volonté des parties et [qui peut] causer un dommage ». À l'idée de « risque » sont donc associées les idées de la « probabilité » de réalisation d'un événement et de son « importance ». Dans cette perspective, la Commission souligne que la considération du « risque » conduit « à s'interroger sur les façons de composer avec l'incertitude scientifique liée à l'état des connaissances dans le domaine, mais aussi avec l'ignorance quant à ce qui pourrait se produire dans la foulée de l'implantation d'une nouvelle technologie » (CEST, 2006, p. 25). Cette perspective est plus que jamais d'actualité et elle alimente encore la réflexion sur les enjeux et les défis que représentent pour notre société les développements technoscientifiques dans le secteur agroalimentaire. Or, considérer les risques liés aux développements dans ce secteur implique nécessairement d'aborder la question de l'innocuité des aliments²⁵ puisque, à l'évidence, la finalité propre au secteur agroalimentaire et sa caractéristique principale sont la production d'aliments pour la consommation humaine.

Le chapitre est divisé en trois sections. La première section présente un état de la situation concernant l'évaluation scientifique du risque lié aux applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire. Elle expose les divers problèmes et questionnements entourant ces applications et rend compte d'une vingtaine de rapports nationaux et internationaux récents qui présentent un portrait de l'analyse scientifique du risque lié aux nanotechnologies et à l'innocuité des aliments²⁶. La seconde partie présente brièvement l'encadrement légal qui régit ces technologies à l'échelle fédérale et provinciale. Celui-ci s'appuie essentiellement sur un processus d'évaluation du risque et fournit donc en quelque sorte un cadre de gestion du risque. Finalement, la troisième partie aborde la perception du risque par le consommateur et constitue une mise en contexte pour l'analyse éthique à proprement parler, qui est l'objet du chapitre 3.

L'ANALYSE SCIENTIFIQUE DU RISQUE

En 1995, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont proposé un cadre formel d'analyse du risque entourant la sécurité sanitaire des aliments qui permettait d'orienter la prise de décision politique sur la question. Dans leur rapport de 1997, la FAO et l'OMS précisent la visée fondamentale d'un tel exercice en soulignant que : « [...] la gestion des risques associés aux denrées alimentaires a d'abord pour objectif de préserver la santé publique grâce à une maîtrise aussi efficace que possible des risques en question, fondée sur le choix et la mise en application de mesures appropriées » (FAO/OMS, 1997, p. 3). Depuis, différents comités d'experts nationaux et internationaux ont largement utilisé ce cadre d'analyse du risque proposé par les deux organismes pour la rédaction de leurs rapports. Il est devenu un outil incontournable dans l'analyse des pratiques pouvant avoir une incidence sur l'innocuité des aliments. Ainsi, dans la mesure où les applications des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire soulèvent implicitement la question de l'innocuité des aliments, il devient important, voire nécessaire, de se pencher sur l'analyse des risques attenants.

À cet effet, la Commission constate que plusieurs comités d'experts ont abordé la question des risques associés aux nanotechnologies, que ce soit de manière générale ou par rapport à leurs applications propres au secteur agroalimentaire. Deux orientations guident généralement les perspectives d'analyse de ces rapports : 1) on prend précisément (et presque exclusivement) en considération les conséquences sur l'humain et l'environnement et 2) on soutient l'importance de considérer l'ensemble du « cycle de vie » des produits issus des nanotechnologies (Tran et Chaudhry, 2010, p. 121). Comme il est souligné dans le rapport publié par The Royal Society et The Royal Academy of Engineering en 2004 (p. 35), la notion de « cycle de vie » amène les personnes qui font l'analyse scientifique du risque à développer une connaissance appropriée des processus et des matériaux utilisés lors de la fabrication, des interactions possibles entre le produit et les individus ou l'environnement durant sa fabrication et sa vie utile, ainsi que des méthodes utilisées au moment de l'élimination du produit. Cette notion conduit donc à considérer systématiquement la nature des produits ainsi que les effets liés aux différents stades de leur fabrication, de leur utilisation et de leur possible élimination.

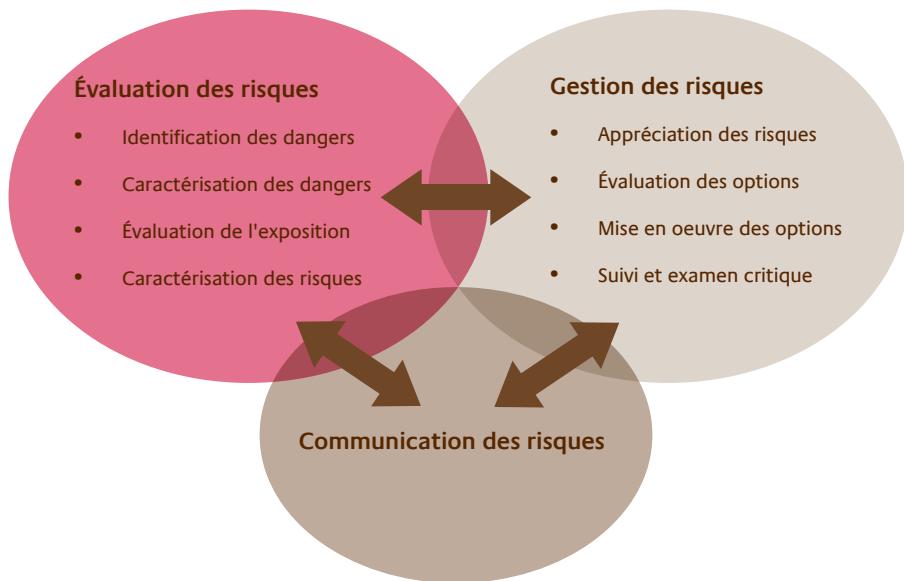
24 « La notion de risque est éminemment présente dans toute réflexion consacrée à l'émergence de technologies nouvelles, davantage encore quand celle-ci porte sur les enjeux éthiques qui peuvent y être associés » (CEST, 2006, p. 25). Ces considérations sont exposées dans plusieurs rapports présentant une analyse éthique, politique, scientifique et sociale de ce secteur. À ce sujet, voir, entre autres : CE-CAC, 2008.; House of Lords, 2010; FAO, 2002; FAO/OMS (2009) ; Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), 2009.

25 Le GDT-OQLF définit ainsi l'expression *innocuité des aliments* lorsqu'elle est utilisée dans le secteur de l'agriculture : « Situation dans laquelle, grâce à des mesures appropriées, la consommation d'eau, d'autres boissons ou d'aliments ne présente aucun risque connu pour la population humaine ou animale ». L'OQLF souligne aussi que « [o]n trouve aussi, dans ce sens, les termes *salubrité des aliments*, *sécurité qualitative de l'alimentation*, *sécurité sanitaire des aliments* ».

26 Certains de ces rapports abordent spécialement la question du risque lié au développement nanotechnologique dans le secteur agroalimentaire. Il s'agit des rapports suivants : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET), 2009, 2010; AFSSA, 2009; European Food Safety Authority (EFSA), 2009; FAO/OMS, 1995, 2009; Robinson et Morrison, 2009, 2010; House of Lords, 2010; Bouwmeester et collab., 2007. Les autres rapports cités abordent plus généralement la question du risque lié aux nanotechnologies.

Le cadre d'analyse du risque proposé par la FAO et l'OMS (1995; 1997) comprend trois phases : 1) l'évaluation (scientifique) des risques; 2) la gestion des risques et 3) la communication entourant le risque. Idéalement, ces phases devraient être interactives, itératives et simultanées.

FIGURE 3 STRUCTURE D'ANALYSE DES RISQUES



Source : FAO/OMS, 1997, p. 20. Pour les besoins de son analyse éthique, la Commission se limite à l'étape d'évaluation des risques.

L'étape « Évaluation des risques » fait largement appel aux sciences afin de rendre compte, dans une perspective la plus objective possible, de l'état actuel des connaissances sur le risque avéré. La FAO et l'OMS définissent ainsi l'évaluation des risques liés aux questions touchant l'alimentation : « Évaluation scientifique d'effets connus ou potentiels préjudiciables à la santé et résultant de dangers alimentaires. Processus comportant les étapes suivantes : i) identification des dangers, ii) caractérisation des dangers, iii) évaluation de l'exposition et iv) caractérisation des risques » (FAO/OMS, 1995). Selon les termes du comité d'experts du Conseil des académies canadiennes (CE-CAC, 2008, p. 56-67), l'évaluation du risque telle qu'elle est proposée par la FAO et l'OMS « vise à établir si un agent est responsable ou non d'effets nocifs sur la santé ou l'environnement²⁷ ».

Pour les besoins de son analyse éthique, la Commission a choisi de se concentrer sur la phase d'évaluation des risques.

L'identification des dangers

Pour la communauté scientifique, cette étape cruciale vise à assurer une bonne compréhension des bénéfices et des risques associés à la présence de nanoparticules de synthèse dans les systèmes vivants (FAO/OMS, 2009, p. 36). L'objectif principal de cette première étape de l'évaluation du risque est donc de poser un regard sur les nanoparticules de synthèse afin d'évaluer dans quelle mesure leurs caractéristiques propres peuvent avoir un effet préjudiciable sur la santé. L'identification des dangers, c'est-à-dire des divers agents qui sont présents dans les aliments et qui peuvent avoir un effet néfaste sur la santé, considère plus particulièrement les nanoparticules de synthèse elles-mêmes.

Les études tendent à démontrer que plusieurs propriétés spécifiques des nanoparticules de synthèse posent problème²⁸. Plusieurs rapports d'experts (CE-CAC, 2008, p. 62-66) soulignent que les propriétés suivantes devraient faire l'objet d'une attention particulière : la taille extrêmement petite des nanoparticules de synthèse, l'augmentation de l'aire de surface par rapport au volume des particules, leur réactivité et leur mobilité, la relative importance de leur masse²⁹, leur structure chimique, leur forme, leur morphologie, leur cristallinité, leur charge superficielle, leur solubilité, leur dégradation biologique – notamment la dégradation enzymatique des nanomatériaux administrés par voie orale – et leur tendance à l'agrégation et à l'agglomération³⁰.

Pour chacune de ces propriétés, les rapports d'experts soulignent les nombreuses difficultés et les nouveaux défis que pose l'évaluation des nanoparticules de synthèse³¹. Par exemple, on note habituellement que la concentration d'un produit est directement proportionnelle à son potentiel毒ique : plus la concentration d'un produit est élevée en arsenic, plus il est toxique. Or, certaines études tendent à démontrer que cette relation n'est pas si simple lorsqu'il s'agit des nanoparticules de synthèse. Des recherches révèlent, par exemple, qu'« à faible concentration, les nanoparticules d'oxyde de zinc entraînent une chute brutale du métabolisme et de la prolifération cellulaire, alors que la toxicité est réduite à des concentrations plus élevées » (CE-CAC, 2008, p. 65).

La recherche scientifique fait donc face au problème de la très grande quantité de facteurs qui entrent en ligne de compte pour mener à bien l'évaluation du risque. De plus, les rapports d'experts notent un problème de standardisation des outils de mesure des nanoparticules de synthèse (méthodes de mesure, instruments, nomenclature, normes et outils de référence³²), ce qui rend très difficile la comparaison des résultats de recherche quant à l'identification des effets nocifs potentiels (FAO/OMS, 2009, p. 39).

La caractérisation des dangers

Cette seconde étape de l'évaluation des risques vise à caractériser les différents types de réponse biologique que provoque l'exposition aux agents contaminants. La difficulté principale associée à cette étape vient de la très grande diversité des facteurs à considérer : les différentes nanoparticules de synthèse, concentrations et réactions biologiques (FAO/OMS, 2009, p. 40). Qu'il s'agisse de la taille, de l'aire de surface, de la masse ou de la concentration, idéalement, tout devrait être évalué à la pièce puisque chaque propriété de chaque nanomatériaux peut induire une réponse biologique différente.

27 Dans le contexte de l'analyse de risque sur la question de l'innocuité des aliments, la FAO et l'OMS définissent le *danger* comme un « agent biologique, chimique ou physique présent dans un aliment, ou état de cet aliment pouvant avoir un effet adverse pour la santé ». Elles définissent ainsi le risque : « fonction de la probabilité d'un effet adverse pour la santé et de sa gravité, du fait de la présence d'un (de) danger(s) dans un aliment ». Voir FAO/OMS, 2011, p. 120.

28 Cette caractérisation générale s'applique bien évidemment à l'ensemble des nanoparticules de synthèse. Par exemple, voir House of Lords, 2004, p. 25-28; EFSA, 2009, p. 10-11; Bouwmeester et collab., 2007, p. 36 et 42. Toutefois, la détermination des effets nocifs potentiels ne représente que la première étape de la caractérisation du risque et elle doit être considérée comme telle.

29 Cette propriété est habituellement très significative dans le cadre de l'évaluation du risque, mais elle est tout aussi importante quand on étudie les nanoparticules de synthèse.

30 Cette liste n'est pas exhaustive, mais couvre bien les éléments habituellement présents dans la littérature. À ce sujet, voir par exemple : FAO/OMS, 2009, p. 36; EPA, 2007, p. 31; DEFRA, 2007, p. 26; EFSA, 2009, p. 10-11; SCENIHR, 2009, p. 45; Bouwmeester et collab., 2007, p. 42; House of Lords, 2004, p. 25-28; Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité au travail (IRSST), 2008, p. 87.

31 EPA (2007, p. 32) parle de problèmes de caractérisation des nanoparticules de synthèse. Ces problèmes vont jusqu'au besoin d'établir une nomenclature qui fait consensus dans le domaine.

32 À ce sujet, voir CE-CAC, 2008, p. 58.

Sur le plan de la recherche, cette difficulté est accentuée par l'exigence de faire des évaluations *in vivo* afin d'obtenir des résultats les plus significatifs pour l'humain. En effet, comme l'explique le comité d'experts du Conseil des académies canadiennes, « [I]es évaluations traditionnelles de la relation dose-effet consistent souvent à extrapoler à l'espèce humaine les résultats d'études *in vivo* effectuées sur des rongeurs » (CE-CAC, 2008, p. 67). Or, comme le montrent les exemples qui précèdent, les scientifiques doivent reconstruire plusieurs de leurs références pour faire ces extrapolations lorsqu'il s'agit des nanoparticules de synthèse. À l'évidence, de telles extrapolations ne sont pas encore possibles.

L'évaluation de l'exposition

La troisième étape de l'évaluation du risque vise à déterminer et à mesurer les degrés d'exposition aux produits potentiellement nocifs. Dans le cas des nanotechnologies en général et de leurs applications dans le secteur agroalimentaire en particulier, les rapports d'experts soulignent l'intérêt d'une approche fondée sur la notion de « cycle de vie » des produits (CE-CAC, 2008, p. 76; FAO/OMS, 2009, p. 44). Le document produit par Environnement Canada et intitulé *Gestion du cycle de vie environnemental – Guide pour de meilleures décisions commerciales* décrit ainsi cette notion : « Le cycle de vie d'un produit est composé des activités nécessaires à sa fabrication, à son utilisation, à son transport et à son élimination³³ ». Dans une perspective d'analyse du risque et plus particulièrement d'évaluation de l'exposition, la considération du cycle de vie permet de souligner l'existence et l'importance de très nombreuses voies d'exposition humaine et environnementale aux nanoparticules de synthèse, les différentes formes d'exposition étant plus ou moins directes (FAO/OMS, 2009, p. 44).

Pour l'instant, on sait peu de choses sur les modes de transport ou de diffusion des nanoparticules de synthèse dans l'atmosphère, dans les sols et dans l'eau (EPA, 2007, p. 33). Pour le Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA, 2009, p. 46-47), cette représentation synthétique de l'ensemble des voies d'exposition aux nanoparticules de synthèse devrait aussi nous conduire à ne pas sous-estimer la complexité des échanges qui composent chacune de ces voies.

Les différentes applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire introduisent, pour l'humain, un risque d'exposition aux nanoparticules de synthèse (FAO/OMS, 2009, p. 41). Selon les applications, l'exposition prend des formes différentes. Par exemple, dans le domaine de la production agricole, le risque d'exposition pour l'humain est principalement lié à la capacité de migration et de diffusion des nanoparticules dans l'environnement. Dans le domaine de la transformation des aliments, il est plutôt associé à l'ingestion de nanoparticules de synthèse ajoutées dans la nourriture ou les suppléments. En ce qui concerne les applications liées à l'emballage (secteur de la distribution), le risque d'exposition provient de la possible diffusion des nanoparticules de synthèse présentes dans les emballages jusqu'à la nourriture (Chaudhry et collab., 2008, p. 244-247). Dans le secteur agroalimentaire, de manière générale, l'ingestion de nanoparticules de synthèse constitue la voie d'exposition la plus probable pour l'humain³⁴.

La multiplicité des voies d'exposition humaine et environnementale complexifie grandement les étapes d'analyse scientifique du risque, d'autant plus que l'on connaît peu de choses sur la diffusion et la migration des nanoparticules de synthèse dans les systèmes biologiques et dans l'environnement, sans parler des possibilités d'introduction involontaire ou accidentelle de nanoparticules de synthèse dans la production d'aliments. Actuellement, les scénarios d'exposition aux nanoparticules de synthèse dans le secteur agroalimentaire demeurent tous très hypothétiques, « l'information sur l'importance absolue ou relative des différentes sources possibles d'exposition aux [nanoparticules de synthèse] présents dans l'alimentation humaine ou animale étant extrêmement limitée³⁵ » (EFSA, 2009, p. 13).

La caractérisation du risque

La quatrième et dernière étape de l'évaluation du risque a principalement pour objet de faire une synthèse des différentes étapes abordées précédemment, à savoir l'identification des dangers, leur caractérisation et l'évaluation des voies d'exposition. Les différents rapports d'experts que la Commission a consultés font une distinction entre les divers effets toxiques pour l'humain et pour l'environnement. Les rapports qui s'intéressent spécialement aux applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire font ressortir aussi des éléments de risque qui s'appliquent en particulier à ce secteur.

La toxicité pour l'humain

De manière générale, l'analyse scientifique associe les risques de toxicité à l'absorption des nanoparticules de synthèse. En fait, il s'agit du risque le plus investigué et le plus appréhendé³⁶. Comme nous l'avons mentionné plus haut, les applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire sont susceptibles d'exposer l'humain à différentes nanoparticules de synthèse, particulièrement les applications dans les domaines de la transformation, de la distribution et de la consommation³⁷.

Plusieurs rapports de recherche confirment que les nanoparticules de synthèse ont la propriété de se propager facilement dans le corps humain, de s'introduire dans différents systèmes et d'atteindre d'importants organes tels le foie, les reins, la moelle osseuse, les poumons et même le cerveau (Bouwmeester *et collab.*, 2007, p. 48; DEFRA, 2007, p. 28). Ils soulignent aussi la possibilité que les nanoparticules de synthèse puissent pénétrer à l'intérieur même des cellules du corps humain. Plusieurs effets « génotoxiques » des nanoparticules de synthèse (SCENIHR, 2009, p. 31) restent à évaluer : déjà, quelques études démontrent une possibilité de contamination des mitochondries, du noyau cellulaire et, plus ou moins directement, une interaction avec le matériel génétique de la cellule³⁸.

Sur le plan de la recherche, les résultats présentement disponibles sont souvent très sommaires et parfois contradictoires : la toxicité des nanoparticules de synthèse demeure très difficile à caractériser, les facteurs et les déterminants étant très nombreux (EPA, 2007, p. 54; DEFRA, 2007, p. 28). À titre d'exemple, l'European Food Safety Authority (EFSA, 2009, p. 19-22), le Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR, 2009, p. 31-32) et l'Institute of Food Safety and National Institute for Public Health and the Environment (Bouwmeester *et collab.*, 2007, p. 53) présentent quelques études qui démontrent bien la difficulté de faire le tour de cette question et l'impossibilité d'en arriver à une conclusion définitive sur les relations entre la dose et l'effet. Parmi les effets toxiques mis en évidence, on note à la fois des réactions locales très importantes et des réactions toxiques systémiques (EPA, 2007, p. 55; AFSSA, 2009, p. 20-21).

De manière générale, l'Environmental Protection Agency souligne que, « parce que les nanomatériaux sont souvent conçus pour avoir des propriétés très spécifiques, il semble raisonnable de présumer qu'ils peuvent, en final, présenter des effets toxiques inhabituels » (EPA, 2007, p. 61) et que cette particularité devrait être considérée dans les études toxicologiques.

33 [\[http://www.ec.gc.ca/p2/default.asp?lang=Fr&n=BAEAB4C6-1&offset=1&toc=show\]](http://www.ec.gc.ca/p2/default.asp?lang=Fr&n=BAEAB4C6-1&offset=1&toc=show).

34 FAO/OMS, 2009, p. 42. D'autres voies d'exposition sont aussi à considérer : inhalation, absorption par la peau et par les yeux. À ce sujet, voir, par exemple, EPA, 2007, p. 45-46; The Royal Society, 2004, p. 38.

35 À ce sujet, voir aussi la position similaire des experts de la FAO/OMS, 2009, p. 41.

36 La FAO et l'OMS (2009, p. 28-29) précisent que, dans l'état actuel des connaissances, on peut affirmer que ce ne sont pas toutes les nanoparticules de synthèse qui se révèlent toxiques pour l'humain.

37 Voir aussi Chaudhry et Groves (2010, p. 73-76), qui indiquent quelques nanoparticules de synthèse pouvant se retrouver dans la nourriture, par exemple, le nano-argent et le nanofer.

38 Voir aussi FAO/OMS, 2009, p. 37-38.

L'écotoxicité

Le SCENIHR (2009, p. 56) souligne que, malgré le peu d'études, on doit reconnaître que les effets écotoxiques commencent à être documentés, plus particulièrement ceux sur des espèces aquatiques³⁹. Par exemple, pour la Royal Society (2004, p. 47), l'impact environnemental des nanoparticules de synthèse utilisées précisément pour la restauration et la dépollution des sols pourrait représenter une des plus importantes sources de dispersion des nanoparticules de synthèse dans l'environnement. De ce point de vue, on se demande dans quelle mesure la très haute réactivité de surface des nanoparticules de synthèse ne représente pas un risque d'écotoxicité important. Toutefois, comme le fait remarquer le Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA, 2009, p. 139), l'état actuel des connaissances ne permet pas encore de tirer des conclusions pertinentes sur les effets écotoxiques des nanoparticules de synthèse. Selon le SCENIHR (2009, p. 40), quelques études suggèrent que la contamination de certains écosystèmes demeure très probable, bien que mal comprise.

Parmi les risques que représentent les nanoparticules de synthèse pour l'environnement, l'EPA (2007, p. 36-37) souligne que celles-ci peuvent se retrouver dans des bactéries ou dans des cellules vivantes, introduisant du même coup un risque de bioaccumulation dans la chaîne alimentaire. Selon l'agence, il n'y a pas assez d'information disponible pour se prononcer sur le sujet, mais la question mérite d'être abordée par la science. Le SCENIHR (2009, p. 38) abonde dans le même sens et mentionne qu'étant donné la tendance des nanoparticules de synthèse à s'agrégner, il faut considérer la possibilité de bioaccumulation.

Certains spécialistes (SCENIHR, 2009, p. 42) pensent aussi que les nanomatériaux peuvent interagir avec des contaminants et entraîner un effet toxique sur les organismes vivants. En effet, il serait théoriquement possible que l'interaction entre des nanoparticules de synthèse et certains contaminants organiques déjà présents dans les écosystèmes puisse conduire à une amplification de l'effet toxique de ces contaminants. Pour l'EPA (2007, p. 38), les nanoparticules de synthèse utilisées, par exemple, pour traiter les sols contaminés ont la possibilité d'interagir et d'augmenter la biodisponibilité de ces polluants, augmentant du même coup leur disponibilité pour la biodégradation (The Royal Society, 2004, p. 47). En contrepartie, on pourrait tout aussi bien constater que l'augmentation de la biodisponibilité de ces polluants peut avoir un effet toxique sur la faune ou la flore. Les experts parlent alors d'un effet « cheval de Troie » (EFSA, 2009, p. 21; FAO/OMS, 2009, p. 39), c'est-à-dire d'une situation où les nanoparticules de synthèse seraient porteuses d'agents toxiques et faciliteraient, par exemple, leur propagation à l'intérieur d'un système.

Les limites des conclusions de l'évaluation scientifique actuelle⁴⁰

Dans son ensemble, l'évaluation scientifique du risque permet surtout de constater le manque de données et d'importants besoins de recherche sur la question des risques. Le manque de connaissances scientifiques dans ce domaine est très considérable et empêche d'articuler des conclusions significatives (Maynard, 2006; Bouwmeester et collab., 2007, p. 51). Selon l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (2009, p.6) :

« [I]es conclusions de l'ensemble des réflexions soulignent l'insuffisance des données disponibles pour évaluer les risques associés aux nanoparticules dans l'alimentation en lien avec leurs propriétés particulières, et la nécessaire adaptation des méthodologies d'évaluation actuellement appliquées aux risques liés aux substances chimiques :

- insuffisance des études permettant d'analyser la toxicité par voie orale, la plupart des informations disponibles dérivant de la toxicité par inhalation;
- besoin de méthodes pour la détection, la quantification et le suivi de ces nanoparticules dans les différentes matrices (pour approcher l'exposition) et dans l'organisme (pour la toxicocinétique notamment);
- modification des effets barrières à la pénétration des particules dans le corps et à leur circulation dans les organes.



Du point de vue de la science, le travail nécessaire pour traiter entièrement la question de l'analyse du risque dans le seul domaine des applications nanotechnologiques entourant les aliments demeure immense et actuellement sous-développé (FAO/OMS, 2009, p. 41). Pour le House of Lords (2010, p. 29), il existe encore plusieurs zones d'inconnu dans notre compréhension du comportement des nanomatériaux et de leurs effets sur les êtres vivants, particulièrement sur la santé humaine.

Plusieurs rapports⁴¹ soulignent aussi l'importance de promouvoir une stratégie de recherche concertée et systématique afin de pouvoir étudier l'ensemble des questions soulevées par une perspective d'analyse du risque. Selon ces experts, la difficulté de couvrir tout le champ des risques liés aux nanotechnologies requiert donc une organisation systématique de la recherche dans ce secteur.

Finalement, certains rapports soulignent que l'analyse du risque des nanoparticules de synthèse va encore plus loin : elle appelle une remise en question des méthodes d'évaluation traditionnelles du risque. En effet, si les modes d'évaluation du risque que l'on utilise actuellement sont nombreux et relativement robustes (CE-CAC, 2008, p. 84), il n'en demeure pas moins que les particularités des nanomatériaux et des nanotechnologies remettent en question ces méthodes (SCENIHR, 2009, p. 23). Selon la European Food Safety Authority (2009, p. 1-2), c'est la difficulté même de caractériser, de détecter et de mesurer les nanoparticules de synthèse aux fins d'analyse toxicologique qui impose une telle réflexion. Ainsi, cette même agence (EFSA, 2009, p. 12) souligne que même s'il existe des méthodes pour analyser les nanomatériaux, il demeure très difficile d'établir et de mesurer la présence de ceux-ci dans les aliments. Pour la FAO/OMS (2009, p. 34), ce sont les particularités des nanoparticules de synthèse et leurs applications particulières dans le secteur agroalimentaire qui commandent une prudence supplémentaire dans l'analyse du risque. Pour le comité d'experts du CAC, il devient alors impératif de trouver « de nouvelles façons de mesurer l'exposition, la dose et les effets » des nanomatériaux (CE-CAC, 2008, p. 84).

En résumé, sur le plan de l'analyse du risque, on note donc un manque d'informations quant aux effets nocifs potentiels des nanotechnologies appliquées dans le secteur agroalimentaire. De plus, la multiplication et la complexification des voies d'exposition de ce type de matériau renforcent l'idée d'un effet nocif potentiel. Si la caractérisation des effets nocifs potentiels ne laisse pas présager, dans l'état actuel des connaissances, l'apparition de nouveaux types de risque, plusieurs rapports soulignent par contre le peu d'information disponible sur l'évaluation du risque et le peu d'efforts de recherche dans ce domaine en comparaison de l'effort qui est consenti pour la recherche et le développement dans une perspective de commercialisation.

39 Pour l'EPA (2007, p. 59-60), il convient de reconnaître que très peu d'études traitent de l'effet écotoxicité des nanoparticules de synthèse, qu'il s'agisse des écosystèmes aquatiques ou terrestres. Ce constat est repris par le SCENIHR (2009, p. 40).

40 Notons que les différents rapports ont été publiés entre 2004 et 2010 et s'appuient sur plusieurs centaines de publications scientifiques.

41 Voir, par exemple, Maynard, 2006; EPA, 2007, p. 82; DEFRA, 2009, p. 150; House of Lords, 2010, p. 32; SCENIHR, 2009, p. 48.

L'ENCADREMENT LÉGAL ACTUEL⁴²

Comme l'avis sur les nanotechnologies le mentionne (CEST, 2006, p. 28), il n'existe pas au Canada et au Québec de cadre réglementaire propre aux nanotechnologies ou aux produits issus de ces technologies. Toutefois, les produits issus des nanotechnologies (nanoparticules de synthèse, nanocomposites, etc.) sont réglementés en vertu des lois et des règlements existants. Dans la majorité des cas, les produits introduits ou fabriqués au Canada sont soumis à des règles en fonction de leur « destination ». Il existe donc des cadres réglementaires applicables à l'introduction ou à la fabrication d'engrais, de médicaments, d'aliments, d'aliments pour animaux, de pesticides, etc. Ainsi, de manière générale, si un produit est classifié dans l'une de ces catégories, il sera assujetti au cadre correspondant.

Les lois et règlements canadiens

Dans le secteur de l'agriculture, plusieurs lois et règlements sont susceptibles d'encadrer les applications nanotechnologiques, particulièrement :

- La Loi sur les engrais (L.R.C., 1985, chapitre F-10) et son Règlement sur les engrais (C.R.C., chapitre 66) pour le cadre applicable aux engrais;
- La Loi sur la santé des animaux (L.C., 1990, chapitre 21) et le Règlement sur la santé des animaux (C.R.C., chapitre 296) pour le cadre applicable aux produits biologiques vétérinaires — vaccins, anticorps, trousses de diagnostic, etc.;
- Le Règlement sur les aliments et drogues (C.R.C., chapitre 870, Partie C, Titre 8);
- La Loi relative aux aliments du bétail (L.R.C. (1985), chapitre F-9) et le Règlement de 1983 sur les aliments du bétail (DORS/83-593);
- La Loi sur les produits parasitaires (L.C., 2002, chapitre 28) et le Règlement sur les produits antiparasitaires (2006, 140 Gaz. Can. II, 646).

Au moins deux lois encadrent la mise en marché et le contrôle des aliments :

- La Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation (L.R.C. (1985), chapitre C-38);
- La Loi sur l'inspection des viandes, S.C., 1985, chapitre 25 (1^e suppl.) et la Loi sur l'inspection du poisson (L.R.C. (1985), chapitre F-12).

De plus,

- La Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (L.C., 1999, chapitre 33), le Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (substances chimiques et polymères), (2005, 139 Gaz. Can. II, 1864) et le Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes), (2005, 139 Gaz. Can. II, 1929) établissent le cadre réglementaire applicable aux substances nouvelles⁴³.

Les lois et règlements québécois

Les cadres réglementaires provinciaux s'ajoutent aux cadres fédéraux et renforcent le contrôle réglementaire des produits introduits sur leur territoire. Alors que plusieurs cadres réglementaires fédéraux contrôlent la sécurité et l'innocuité des produits et des substances, les lois et règlements provinciaux se concentrent davantage sur les conditions de fabrication des aliments, sur leur distribution et sur leur utilisation dans les territoires qu'ils régissent. Ainsi, les cadres réglementaires

québécois exercent typiquement un contrôle réglementaire sur les exploitants, plutôt que sur les produits. Ce type de réglementation exigera, par exemple, que ceux-ci se munissent de permis d'exploitation, se soumettent à des inspections et respectent des normes minimales concernant la fabrication et la distribution des produits.

Parmi les lois et les règlements québécois pouvant être considérés comme encadrant les applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire et qui pourraient nécessiter une adaptation, notons :

- La Loi sur les produits alimentaires (L.R.Q., chapitre P-29) qui exige, entre autres choses, que la fabrication et la distribution des produits alimentaires s'effectuent dans des conditions hygiéniques, au moyen d'installations et d'équipement qui assurent l'innocuité des aliments;
- La Loi sur les pesticides (L.R.Q., chapitre P-9.3) et le Code de gestion des pesticides (R.R.Q., chapitre P-9.3, r. 0.01) qui régit l'industrie des pesticides;
- La Loi sur la pharmacie (L.R.Q., chapitre P-10), la Loi sur les médecins vétérinaires (L.R.Q., chapitre M-8) et le Règlement sur les conditions et modalités de vente des médicaments (R.R.Q., chapitre P-10, r. 12) qui régissent certaines pratiques vétérinaires;
- La Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q. chapitre Q-2), le Règlement sur la qualité de l'atmosphère (R.R.Q., chapitre Q-2, r. 20) et le Règlement sur la qualité de l'eau potable (R.R.Q., chapitre Q-2, r. 18.1.1).

Les instruments internationaux

Comme c'est le cas à l'échelle nationale et supranationale, il n'y a pas de cadre réglementaire international propre aux nanotechnologies. Certains instruments internationaux sont tout de même susceptibles d'influencer les cadres réglementaires nationaux. Parmi ceux-ci, on compte des accords de l'OMC, dont l'Accord sur les mesures sanitaires et phytosanitaires. Selon les dispositions de cet accord, une mesure sanitaire et phytosanitaire vise : 1) à protéger la santé humaine ou animale contre les risques présentés par des « additifs, contaminants, toxines ou organismes pathogènes présents dans les produits alimentaires »; 2) à protéger la santé humaine contre les maladies propagées par des animaux ou des végétaux et 3) à protéger les animaux ou les végétaux contre des parasites ou des maladies.

De plus, plusieurs organisations internationales élaborent ou ont élaboré des normes en matière de nanotechnologies. Ces normes pourraient renforcer la légitimité des cadres réglementaires qui s'y conforment. Ces organisations incluent l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). L'ISO a mis sur pied en 2005 un groupe d'experts pour établir des normes en matière de nanotechnologies. Ce groupe de travail aborde les questions de l'identification, de la caractérisation et du testage des nanomatériaux, de même que le contrôle des risques qu'ils présentent.

Principalement fondé sur une analyse scientifique du risque, l'encadrement légal des nanotechnologies tend, de manière générale, à considérer que les structures actuellement en place sont aptes à bien gérer le risque qui leur est associé.

42 Cette section a été rédigée à partir du document de recherche préparé par Francis Lord. Pour consulter le document complet, voir la section « Publications » sur le site de la Commission au [<http://www.ethique.gouv.qc.ca/>].

43 Notons aussi le défunt projet de loi C-494 (1^{re} lecture, 3^e session, 40^e législature) intitulé Loi modifiant la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (nanotechnologie), qui visait à établir une stratégie de recherche et de surveillance réglementaire spécifiques aux nanotechnologies à l'intérieur du cadre réglementaire applicable aux substances nouvelles. Ce projet de loi n'a pas été reconduit après les élections canadiennes de mai 2011.

LES NANOTECHNOLOGIES ET LE RISQUE « PERÇU »

L'utilisation de la grille d'analyse scientifique du risque s'impose comme un incontournable puisqu'elle offre une référence qui fait largement consensus pour évaluer le risque et en rendre compte. Toutefois, on estime de plus en plus, même au sein de la communauté scientifique, qu'il est important de considérer d'autres aspects que l'analyse scientifique du risque laisse de côté. Ainsi, on distingue généralement le risque « objectif » du risque « perçu ». Ce dernier est défini en opposition avec l'évaluation scientifique du risque : si l'évaluation du risque « objectif » découle d'une logique scientifique, la perception du risque par le public est fonction de divers facteurs sociaux et culturels. Alors qu'elle était généralement qualifiée « d'irrationnelle », la perception du risque par les acteurs « non spécialisés » se révèle de plus en plus « indispensable dans les processus d'évaluation des risques, parce qu'elle aide à expliciter et à remettre en question les savoirs et les postulats implicites des scientifiques, ainsi que le cadrage réductionniste qui en résulte » (Poulain, 2002, p. 83). Ainsi, dans une perspective d'analyse éthique, la considération de la perception du risque lié au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire permet de mieux situer les enjeux démocratiques qui y sont associés.

Plusieurs études⁴⁴ se sont intéressées à la perception du risque associé aux développements des nanotechnologies : elles documentent la perception des nanotechnologies en général, des risques et des bénéfices ainsi que de l'encadrement des développements technoscientifiques.

La majorité des études souligne que, si le public possède en général peu de connaissances sur les nanotechnologies et leurs applications, il les perçoit aussi comme étant prometteuses et considère généralement que les bénéfices excéderont les risques potentiels (Zimmer et collab., 2008, p. 67). Toutefois, il manifeste une plus grande réticence à l'égard des applications dans le secteur agroalimentaire. En effet, les études tendent à démontrer que le public est plus suspicieux et qu'il a tendance à rejeter plus facilement les applications où il y a une manipulation directe de ce qui est ingéré (Grobe, Renn et Jaeger, 2008, p. 15-16; CNAM, 2009, p. 37; Zimmer et collab., 2008, p. 67). Il semble que plus l'application nanotechnologique se « rapproche » de l'aliment, plus la réticence du public est grande. Ainsi, les recherches tendent à démontrer que le public perçoit comme un bénéfice appréciable les applications visant à améliorer l'emballage des aliments. En contrepartie, une réticence marquée se manifeste pour les applications où l'on ajoute des nanoparticules de synthèse directement dans la nourriture (Grobe, Renn et Jaeger, 2008, p. 19).

De plus, selon les recherches, l'acceptation sociale des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire dépend aussi d'un facteur de confiance. En effet, il semble que la méfiance du public envers ces applications nanotechnologiques serait en partie attribuable à un manque de confiance à l'égard de l'industrie et des gouvernements, particulièrement lorsqu'il est question de l'intérêt du public ou de la gestion du risque (Grobe, Renn et Jaeger, 2008, p. 19).

En résumé, la perception du public est caractérisée par des attentes très élevées quant aux bénéfices et par une attitude de vigilance à l'égard des aspects plus incertains. Ainsi, les études soulignent que le public s'attend :

- à être consulté sur le développement de ces technologies;
- à être informé (aspects scientifiques) sur le risque auquel il s'expose;
- à participer, d'une manière ou d'une autre, à la gestion de ce risque.

Si l'analyse scientifique du risque démontre que, dans l'état actuel des choses, le danger est encore hypothétique, bien que plusieurs indices laissent croire qu'il demeure plausible, certains facteurs plus subjectifs déterminent manifestement l'acceptabilité sociale des nanotechnologies. En un mot, pour le consommateur, « manger est [...] un acte qui demande de faire des choix, de décider, mais aussi de prendre des risques objectifs et symboliques » (Poulain, 2002, p. 86).

44 La majorité des études qui abordent la question de la perception des nanotechnologies considèrent indistinctement les applications dans l'ensemble des secteurs : peu d'études abordent en particulier la perception des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire. Toutefois, quelques exceptions existent : notons les rapports de Grobe, Renn et Jaeger, 2008; Conseil national des arts et métiers (CNAM), 2009; Macoubrie, 2005; Zimmer, Herel et BöI, 2008; FAO/OMS, 2009. Notons aussi que dans les études, les données sont généralement organisées par pays et que l'on y présente donc des portraits nationaux. À ce sujet, voir, par exemple, FAO/OMS, 2009, p. 54.





LES PRÉOCCUPATIONS D'ORDRE ÉTHIQUE ET RECOMMANDATIONS

LES PRÉOCCUPATIONS D'ORDRE ÉTHIQUE ET RECOMMANDATIONS

La réflexion éthique de la Commission entourant le développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire s'inscrit en continuité avec l'avis sur les nanotechnologies publié en 2006. En s'intéressant aux nanotechnologies, la Commission a alors découvert « un univers scientifique captivant, mais aussi fort complexe et très éclaté » (CEST, 2006, p. 1). L'analyse éthique qui y est faite s'articule autour de plusieurs valeurs : la dignité, la liberté, l'intégrité et le respect de la personne, la qualité de vie, le respect de la vie privée, la justice et l'équité, la transparence et la démocratie. Aux yeux de la Commission, cette analyse et les recommandations qui en découlent demeurent toujours aussi valables et pertinentes : l'évaluation éthique permet de constater que ces développements technologiques soulèvent des préoccupations éthiques en matière de santé, de protection de l'environnement et de sécurité (CEST, 2006, p. xix).

De la même manière, la Commission considère que les développements des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire soulèvent d'importants enjeux éthiques. En continuité avec l'avis sur les nanotechnologies, la démarche de réflexion adoptée par la Commission repose principalement sur l'identification des valeurs qui sont en jeu dans ces développements⁴⁵. Les valeurs retenues pour l'analyse éthique des développements nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire sont les suivantes : la responsabilité des gouvernements (en matière de protection de la santé humaine et de l'environnement), la confiance, la transparence, la prudence, l'autonomie et le bien commun.

Fondamentalement, l'analyse éthique de la Commission s'articule autour d'un enjeu majeur de santé publique : l'innocuité⁴⁶ des aliments issus des nanotechnologies⁴⁷.

D'une part, l'état des connaissances scientifiques sur ces applications permet de reconnaître que les bénéfices de ces applications potentielles seraient substantiels. D'autre part, les risques associés à ces développements sont, sur le plan éthique, des plus importants : ils touchent directement la question cruciale de l'alimentation, ils sont encore très peu documentés et, bien qu'hypothétiques, ils demeurent plausibles et potentiellement graves. De plus, les études sur la perception du risque tendent à démontrer que les consommateurs sont hautement préoccupés par tout développement technologique qui touche directement les produits alimentaires.

Toutefois, la Commission considère que cet enjeu de santé publique est subordonné à des enjeux de gouvernance. En effet, elle est d'avis que l'état actuel des connaissances scientifiques place les autorités dans une situation de « gestion d'un risque hypothétique ». Selon la Commission, cette situation requiert le développement de nos connaissances scientifiques sur la question des risques. Parallèlement, l'encadrement de ces développements doit également tenir compte de considérations « démocratiques » liées à la gestion du risque technoscientifique.

Par conséquent, la Commission présente ses recommandations en trois temps. Dans un premier temps, considérant les valeurs que constituent la santé et l'environnement, et la responsabilité qui incombe à l'État de les protéger, elle recommande au gouvernement d'adopter une attitude prévoyante en se donnant les moyens d'en savoir davantage sur les risques. Ainsi, les premières recommandations se penchent explicitement sur la question du développement de la connaissance et de l'expertise. Dans un deuxième temps, considérant plus particulièrement la valeur de la démocratie, la Commission recommande d'engager un dialogue plus actif avec la population québécoise sur ces enjeux de société. Finalement, la Commission recommande de prendre des mesures pour adapter le cadre réglementaire aux particularités des nanotechnologies.

UN ENJEU DE SANTÉ PUBLIQUE

Pour la Commission, la vulnérabilité de l'humain et sa dépendance envers la nourriture font de la sécurité sanitaire des aliments une question incontournable dans la réflexion sur le développement des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire. Puisque l'ensemble de ces applications peuvent avoir une incidence plus ou moins directe sur la sécurité sanitaire des aliments, la question de la gestion ou de la réduction de ce risque constitue un enjeu éthique fondamental.

Dans son avis sur les nanotechnologies, la Commission souligne que « [I]es gouvernements ont la responsabilité de veiller à la protection de l'environnement, de la santé humaine et du bien-être de la collectivité en général » (CEST, 2006, p. 61). En effet, en tant que valeur, la notion de responsabilité renvoie aux devoirs et obligations liés au statut d'un individu ou d'un groupe d'individus (Neuberg, 1996, p. 1385). Dans le contexte actuel où le consommateur est incapable d'assumer seul la lourde tâche de rassembler toute l'information pertinente et nécessaire pour « décider des risques alimentaires qu'il est prêt à prendre et de ceux qu'il veut éviter » (FAO, 2002, p. 9), une partie importante de la responsabilité d'évaluer et de gérer le risque alimentaire est déléguée à des instances gouvernementales compétentes.

45 Rappelons brièvement que pour la Commission, « [I]a valeur est la finalité d'une action. C'est elle qui donne sens à l'action; de ce fait, elle reflète la motivation d'agir. C'est elle qui permet de justifier l'action. But à atteindre, finalité d'une action, la valeur renvoie à ce qu'une personne ou une population donnée désire atteindre et promouvoir, ou encore protéger. [...] Les moyens qui sont choisis et mis en œuvre cherchent à actualiser la valeur dans le monde, mais cette actualisation est toujours limitée par rapport à l'idéal que représente la valeur », (CEST, 2003, p. 54).

46 Dans ce document, la Commission considère les expressions « sécurité sanitaire des aliments » et « innocuité des aliments » comme étant synonymes.

47 L'expression « aliments issus des nanotechnologies » veut rendre compte de l'ensemble des développements potentiels des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire. Conformément aux catégories d'applications potentielles définies dans la littérature spécialisée, on reconnaît pour l'instant les aliments nanostructurés, les systèmes d'administration des nutriments et les additifs nanométriques (organiques et inorganiques). À ce sujet, voir Chaudhry et Groves, 2010, p. 74-75.

Un risque hypothétique

Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'analyse scientifique du risque souligne que certaines nanoparticules de synthèse qui pourraient être utilisées dans le secteur agroalimentaire possèdent des caractéristiques physicochimiques potentiellement toxiques pour l'humain et l'environnement. Ce serait le cas de certaines nanoparticules inorganiques ajoutées dans les aliments. De plus, ces mêmes caractéristiques pourraient contribuer à la multiplication des voies d'exposition, rendant le risque de toxicité et d'écotoxicité d'autant plus important.

Toutefois, les limites actuelles des connaissances scientifiques dans ce domaine ne permettent pas à la communauté scientifique de reconnaître que les risques **hypothétiques** sont avérés. En effet, la connaissance scientifique sur la question est encore trop parcellaire, les résultats sont peu probants et les méthodes d'investigation sont encore trop peu standardisées. Par conséquent, les conclusions demeurent difficiles à tirer et elles ne font pas consensus dans la communauté scientifique. Si les premières études tendent à démontrer que les risques hypothétiques demeurent plausibles et potentiellement importants, on reconnaît très généralement que la recherche sur le développement des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire n'en est qu'à ses débuts. La tâche s'annonce immense : il faut considérer une multitude de composés nanométriques, évaluer d'anciennes et de nouvelles propriétés, mieux comprendre des modes de propagation ou de diffusion et développer un arsenal d'outils permettant une évaluation et un suivi adéquat de ces nouveaux composés.

« 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 nulle – ou non (dans un contexte d'incertitude scientifique [...]). » (CEST, 2006, p. 34)

« 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). » (CEST, 2006, p. 34)

L'incertitude appelle la précaution

Dans ce contexte, il devient clair pour la Commission que l'encadrement de ces développements demeure un enjeu majeur. En continuité avec la perspective adoptée dans son avis *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir* (2006, p. 33-37), la Commission désire porter un regard réaliste et mesuré sur la question du risque et considère que

« [s]ur le plan éthique, et sans adopter une approche catastrophiste, l'hypothèse qu'un événement porteur de conséquences possiblement néfastes puisse se produire ne peut être exclue. C'est dans cet esprit que la Commission utilise l'expression « risque avéré ou hypothétique » dans le cadre du présent avis. Elle veut ainsi adopter une vision « englobante » du risque qui permette de considérer aussi les hypothèses avancées ou les craintes énoncées, tout en sachant qu'elle donne alors un sens élargi au mot « risque ». »

Dans cette perspective, la Commission considère qu'il est justifié de recourir au principe de précaution, qu'elle interprète comme un principe d'action et non d'abstention (CEST, 2009, p. 80). Selon elle, il est pertinent de se servir de ce principe comme guide pour l'action « quand seules des hypothèses existent et qu'il n'y a aucune information sur l'existence d'un risque et sur ses probabilités d'occurrence, ce qui peut être le cas pour certaines craintes dans une technologie émergente comme les nanotechnologies » (CEST, 2006, p. 35).

C'est pourquoi la Commission considère que l'enjeu de santé publique soulevé par le développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire se trouve subordonné à des enjeux de gouvernance du fait même de l'incertitude qui entoure le risque lié à ces applications. Aussi invite-t-elle les décideurs publics à gérer cette incertitude conformément à leur responsabilité de protéger la santé des citoyens et l'environnement.

LES ENJEUX DE GOUVERNANCE

En raison du manque de connaissances sur les risques des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire, l'enjeu de santé publique se trouve subordonné à des enjeux de gouvernance liés à la **gestion d'un risque hypothétique**. Dans son analyse, la Commission juge qu'une gestion responsable de ce risque doit considérer trois éléments :

1. Le développement de la connaissance scientifique;
2. Une considération des enjeux de société;
3. Certains changements au cadre réglementaire qui permettraient à l'État d'être en mesure d'assumer ses responsabilités sur la question.

Pour la Commission, la promotion du développement des connaissances scientifiques en matière d'évaluation du risque devient une condition essentielle de bonne gouvernance.

Les sciences et la gouvernance : développement des connaissances et de l'expertise

Le développement des sciences et des technologies rend possibles les applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire. Par contre, il n'assure pas la documentation du risque qui leur est associé. Actuellement, la grande majorité des rapports d'experts notent que l'évaluation scientifique des effets délétères sur l'environnement et des effets préjudiciables sur la santé humaine n'en est qu'à ses débuts et que, par conséquent, elle ne peut être concluante à ce moment-ci. Or, ce manque de connaissances représente un défi de taille lorsqu'il est question d'encadrer le développement de ces applications : comment peut-on alors promouvoir ces développements tout en protégeant l'environnement ou la santé publique? Pour la Commission, l'encadrement des développements nanotechnologiques appelle un effort de recherche de la part de la communauté scientifique, en particulier sur la question du risque, afin d'assurer ce qui est nécessaire à une « bonne » gouvernance en matière de gestion de risques.

En continuité avec ses réflexions sur la poursuite de la recherche et la diffusion des résultats présentés dans son avis sur les nanotechnologies (CEST, 2006, p. 43), la Commission considère qu'il est important de soutenir l'effort de recherche visant à combler le manque de connaissances actuel sur les conséquences sanitaires et environnementales des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire.

Le financement de la recherche

La grande majorité des rapports d'experts sur le développement des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire souligne que les études épidémiologiques et toxicologiques ainsi que les autres études sur le risque ne couvrent pas adéquatement ce champ de recherche. Aux yeux de la Commission, le gouvernement est responsable de s'assurer qu'un effort de recherche est maintenu afin de contribuer à combler cette lacune. Déjà, dans son avis sur les nanotechnologies, la Commission (2006, p. 64) recommandait la mise en place « d'un programme de recherche multidisciplinaire sur les impacts des nouvelles technologies et sur la gestion du risque associé aux nanotechnologies, qui tienne compte de leurs dimensions éthique et sociale ». Cette recommandation a conduit à la mise en place du réseau Ne³LS, qui s'intéresse précisément « à l'avancement et au partage des connaissances liées aux aspects éthiques, environnementaux, économiques, légaux et sociaux du développement des nanotechnologies⁴⁸ ».

Aussi, considérant la responsabilité qui incombe à nos gouvernements de protéger la santé et l'environnement ; considérant le déficit de connaissances quant aux effets préjudiciables sur ces deux plans; considérant la nécessité de développer la connaissance scientifique, par-delà les risques, sur les répercussions économiques, culturelles et sociales du développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire,

Recommandation n° 1

La Commission recommande que le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQ-NT) et le Fonds de recherche du Québec – Santé (FRQS), élaborent une stratégie de financement de la recherche afin que les questions du risque lié aux applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire soient adéquatement étudiées.

La Commission recommande que le Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQ-SC) s'assure que le réseau Ne³LS fasse la promotion de la recherche sur les enjeux culturels et sociaux liés au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire.

La Commission recommande que ces organismes assurent une évaluation constante du financement afin de s'assurer que les objectifs poursuivis soient adéquatement atteints.

Le réseau de veille et le développement de l'expertise

Plusieurs indices laissent croire que le développement des applications nanotechnologiques dans le domaine agroalimentaire est appelé à croître de façon exponentielle à court et à moyen terme. On peut donc s'attendre à ce que les préoccupations des consommateurs et des acteurs du milieu agroalimentaire augmentent de la même manière. Actuellement, le constat du développement « rapide » de ces applications découle principalement d'une image véhiculée par les médias plutôt que d'une recension systématique de la littérature scientifique. Conjuguée à la responsabilité du gouvernement de protéger l'environnement et la santé publique, cette situation exige, selon la Commission, le développement et le maintien d'une expertise au sein même du gouvernement sur les questions du risque lié à ces applications. La Commission est d'avis qu'en possédant une information de pointe sur les plus récents développements scientifiques et technologiques dans ce secteur, les acteurs gouvernementaux concernés pourront agir de manière responsable.

Recommandation n° 2

La Commission recommande que le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation :

- mette en place un réseau de veille scientifique et technologique sur les développements des applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire pour assurer le développement et le maintien de l'expertise au sein de la fonction publique, particulièrement chez les professionnels concernés au MAPAQ;
- engage les fonds nécessaires pour assurer, d'une part, la veille scientifique et technologique ainsi que l'acquisition de cette expertise à l'interne et, d'autre part, l'accès aux activités (conférences et colloques) permettant le développement et le maintien de cette expertise;
- développe des liens de collaboration et travaille en relation avec les parties fédérales concernées.

De plus, considérant que les enjeux soulevés par ces développements sont susceptibles d'intéresser d'autres acteurs gouvernementaux; considérant que l'information recueillie par cette veille scientifique et que l'expertise développée par le MAPAQ constitueront une référence fiable et pertinente en la matière pour les décideurs,

Recommandation n° 3

La Commission recommande que le gouvernement du Québec mette en place un mécanisme interministériel qui regroupe le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, le ministère de la Santé et des Services sociaux et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, afin de permettre l'échange d'informations sur l'état des connaissances scientifiques concernant les risques liés aux applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire.

48 Voir le site du réseau Ne³LS: [\[http://www.ne3ls.ca/\]](http://www.ne3ls.ca/).

La société et la gouvernance

De par son mandat, la réflexion de la Commission est fortement influencée par une préoccupation démocratique qui place l'être humain et le devenir de la société au cœur de son analyse (CEST, 2003, p. 80). On considère habituellement que la délégation, aux instances gouvernementales compétentes, de la responsabilité d'évaluer la sécurité sanitaire des aliments repose sur une relation de confiance entre les parties. D'un point de vue éthique, la valeur de la confiance traduit un type bien particulier de relation entre les différentes parties concernées, à savoir les consommateurs, les producteurs et les gouvernements. Elle représente un idéal où les relations sont empreintes de respect et de considération mutuels. En d'autres mots, « [f]aire confiance à une personne ou une institution signifie, d'une certaine manière, qu'elles traiteront les problèmes comme on l'aurait fait soi-même » (FAO, 2002, p. 9).

Toutefois, plusieurs observateurs constatent qu'au cours des dernières années, la confiance du consommateur envers l'industrie et les instances gouvernementales responsables s'est considérablement effritée, ce qui aurait contribué à remettre en cause le mode traditionnel de délégation des responsabilités (FAO, 2002, p. 9). Or, comme le souligne la Commission dans un autre avis, « [l]a transparence est une valeur démocratique essentielle à la gouvernance publique; elle témoigne d'une approche non paternaliste qui invite à une responsabilisation des divers acteurs sociaux » (CEST, 2003, p. 63). En effet, la transparence contribue à assurer la légitimité des processus décisionnels dans un cadre démocratique. À l'opposé, le manque de transparence favorise la perte de confiance du public envers les organismes de surveillance et les gouvernements (CEST, 2003, p. 61).

Dans cette perspective, la Commission considère que la gestion du risque lié à la sécurité sanitaire des aliments issus des nanotechnologies soulève des enjeux démocratiques incontournables : l'information des citoyens quant aux développements des connaissances scientifiques et la mise en place d'un mécanisme de consultation des citoyens.

L'information des parties prenantes

Dans son analyse éthique, la Commission reconnaît que le « droit à l'information » est un droit fondamental qui structure notre démocratie. Ce droit, reconnu par plusieurs chartes et conventions, détermine la responsabilité des gouvernements (CEST, 2006, p. 60). De plus, les débats sociaux sur la question de l'acceptabilité du risque ne peuvent faire l'économie d'une considération objective des effets négatifs sur l'environnement et la santé. Dans ce contexte, la Commission pense qu'il est impératif que le gouvernement rende disponible aux citoyens une information scientifique de qualité qui répond à des normes explicites d'objectivité et de rigueur. Ainsi, l'appropriation de certains savoirs « experts » devrait permettre aux citoyens de porter un jugement éclairé et critique sur les développements technoscientifiques ainsi que sur les enjeux sociaux qui leur sont associés.

De plus, la Commission considère qu'il est important de présenter cette information dans le respect des intérêts et des besoins des consommateurs et des acteurs du monde agroalimentaire. À son avis, ce travail d'information de la population représente une condition minimale pour construire une relation de confiance entre les diverses parties.

Ainsi, considérant le droit à l'information des citoyens; considérant la responsabilité du gouvernement à offrir une information de qualité sur des enjeux publics comme la sécurité sanitaire; considérant les intérêts et les questions spécifiques des différents groupes d'acteurs concernés,

Recommandation n° 4

La Commission recommande que le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec crée un portail Internet sur les nanotechnologies concernant spécifiquement le secteur agroalimentaire en s'inspirant de celui sur les OGM⁴⁹. Ce portail pourra offrir à la population québécoise un espace public présentant une information factuelle, indépendante et facilement accessible aux différentes clientèles concernées. Il devra être alimenté par un réseau de veille qui aura été mis en place au préalable (recommandation n°2) et s'ouvrir sur les réseaux sociaux, afin que la diffusion de l'information soit la plus large possible.

La consultation permanente

La Commission considère qu'il est également nécessaire de porter une attention particulière à la perception du risque par les citoyens. En matière d'alimentation, la définition scientifique du risque ne permet pas de conclure à l'acceptabilité sociale d'un aliment : ce n'est pas parce qu'un aliment n'est pas préjudiciable pour la santé que sa consommation devient acceptable. Des considérations autres que scientifiques entrent en jeu et conduisent une population à accepter la consommation de certains aliments.

Dans un effort de gestion démocratique du risque alimentaire, on doit considérer les facteurs culturels et sociaux qui déterminent l'acceptabilité des aliments. Pour la Commission, il est impératif que les instances gouvernementales concernées tiennent compte de la compétence du citoyen à juger de ces facteurs. Il convient donc de mettre en place des mécanismes qui suscitent et maintiennent le dialogue entre les instances gouvernementales et les citoyens sur la question du risque et de sa perception.

De plus, la promotion d'un dialogue avec les citoyens et la mise en place d'un espace de débats publics sur la gestion du risque et la sécurité sanitaire des aliments peuvent contribuer à créer le climat de confiance nécessaire pour légitimer, sur le plan éthique, la délégation de la responsabilité en matière de gestion du risque.

Ainsi, considérant les limites d'un réseau de veille scientifique et technologique ainsi que l'importance de la perception du risque par les consommateurs en matière d'acceptabilité sociale des aliments,

Recommandation n° 5

La Commission recommande que le gouvernement du Québec s'inspire de la formule du Bureau d'audience publique sur l'environnement pour mettre en place un mécanisme de consultation permanente de la population québécoise permettant de considérer les perceptions du risque entourant la sécurité sanitaire des aliments, et ce, autant en ce qui a trait à la perception globale du risque qu'aux projets particuliers pouvant mettre en cause la sécurité sanitaire des aliments.

49 Il s'agit du site : [<http://www.ogm.gouv.qc.ca/>].

Les outils réglementaires

Pour les autorités gouvernementales, la gestion de l'incertitude passe aussi par le recours à des outils réglementaires. Pour la Commission, ces outils doivent être considérés à la lumière des données de la science et de la perception du risque. En effet, comme nous l'avons mentionné plus haut, l'univers nanométrique remet en question les modes traditionnels d'évaluation de l'innocuité des aliments. Parallèlement, on peut donc se demander si les différents cadres réglementaires sont adéquats. Sans faire une analyse et une critique du droit applicable, la Commission estime, dans la mesure où il est de la responsabilité du gouvernement de protéger l'environnement et la santé des citoyens, que les deux questions suivantes se posent : quel processus d'homologation doit s'appliquer aux aliments issus des nanotechnologies et comment améliorer la transparence du processus d'homologation?

Les « aliments nouveaux »

Comme il est mentionné dans le chapitre sur l'encadrement légal, il n'existe pas au Canada ni au Québec de cadre réglementaire propre aux nanotechnologies ou aux produits issus de ces technologies. En général, les produits sont soumis aux différents cadres réglementaires en fonction de leur « destination ». Il existe ainsi une réglementation applicables à l'introduction d'engrais, de médicaments, d'aliments, d'aliments pour animaux, de pesticides, etc.

La présence de nanotechnologies n'est donc pas un facteur retenu pour déterminer si un produit doit ou non être assujetti à un processus d'homologation. Ainsi, un aliment sera considéré comme « nouveau » s'il a été fabriqué, préparé, conservé ou emballé au moyen d'un procédé nouveau, mais seulement si ce procédé entraîne un « changement majeur » pour l'aliment⁵⁰. Plus précisément, pour déterminer si un produit destiné à la consommation humaine se qualifie comme « aliment nouveau », les instances gouvernementales fédérales ont recours à ce qui est communément appelé une approche d'« équivalence substantielle »⁵¹. En un mot, il s'agit d'une approche qui cherche à établir si un produit modifié par de nouvelles technologies est comparable, sur le plan de l'innocuité, à un produit homologue qui n'aurait pas été modifié⁵². Par exemple, un produit modifié par certaines technologies (comme les biotechnologies) dont l'aspect général ressemblerait à celle d'un produit homologue non modifié pourrait ne pas être considéré comme un « aliment nouveau » et ainsi ne pas nécessiter une évaluation scientifique rigoureuse de son innocuité à des fins d'homologation et de mise en marché.

Tout aliment nouveau sera donc soumis à une évaluation scientifique visant à déterminer son innocuité et conduisant, si l'innocuité de cet aliment est confirmée, à son homologation. Si un aliment n'est pas considéré comme un aliment nouveau, il ne sera pas assujetti au cadre réglementaire applicable à ce type d'aliments, et ce, peu importe si l'on utilise ou non les nanotechnologies pour la composition, la fabrication ou la transformation de l'aliment. Dans tous les cas, l'aliment devra respecter les normes réglementaires fédérales en vigueur⁵³.

Or, de l'avis de la Commission, l'important manque de connaissances scientifiques sur l'innocuité des aliments issus des nanotechnologies impose de placer le principe de précaution au cœur même du processus d'homologation de ces aliments. Sur ce point, la Commission considère que le cadre réglementaire fédéral applicable aux aliments nouveaux est le mieux adapté à l'évaluation des aliments issus des nanotechnologies puisqu'il requiert une évaluation systématique de leur innocuité.

Ainsi, considérant le cadre réglementaire canadien actuel et considérant l'important déficit de connaissance quant à l'innocuité des aliments issus des nanotechnologies,

Recommandation n° 6

La Commission recommande que le gouvernement du Québec encourage les autorités réglementaires canadiennes compétentes, particulièrement la Direction des aliments à Santé Canada, à poursuivre leur travail en matière d'évaluation de l'innocuité des produits qui contiennent des nanoparticules de synthèse ou qui sont issus des nanotechnologies.

La Commission recommande aussi que le gouvernement du Québec requiert du gouvernement fédéral que tout aliment qui est fabriqué ou préparé à l'aide des nanotechnologies ou qui contient des nanoparticules de synthèse soit automatiquement considéré comme « aliment nouveau » afin que ces produits soient systématiquement assujettis au cadre réglementaire applicable aux « aliments nouveaux ».

De la même manière, la question de la migration possible de nanoparticules de synthèse présentes dans les produits d'emballage alimentaire issus des nanotechnologies vers les aliments emballés⁵⁴ préoccupe hautement la Commission. À ce sujet, la Commission soutient encore l'importance d'adopter le principe de précaution et, par conséquent, de porter une attention particulière à l'inspection de tout produit ayant été en contact avec des emballages alimentaires issus des nanotechnologies.

Recommandation n° 7

La Commission recommande que le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec porte une attention particulière à l'inspection de tout aliment qui a été manipulé ou en contact avec des matériaux issus des nanotechnologies ou qui contient des nanoparticules de synthèse.

50 Dans ses grandes lignes, le Règlement sur les aliments et drogues (C.R.C., chapitre 870) définit un « changement majeur » en fonction des changements dans la composition et la qualité nutritive ainsi que selon les effets physiologiques et l'innocuité générale d'un aliment. Pour plus de détails, voir l'article B.28.001 de ce règlement.

51 Selon la FAO et l'OMS (2000, p. 1), « [c]e concept représente une approche scientifique qui consiste à comparer l'aliment génétiquement modifié à sa contrepartie existante appropriée. Cette approche ne vise pas à instituer une salubrité absolue qui, pour n'importe quel aliment, est irréalisable. Son but est davantage d'assurer que l'aliment ainsi que toutes les substances qui y ont été introduites du fait de la modification génétique, est aussi salubre que sa contrepartie traditionnelle ».

52 « Au Canada et ailleurs, “équivalence substantielle” est donc couramment utilisée en tant que règle explicite stipulant les conditions en vertu desquelles on peut supposer qu'une nouvelle culture ne présente pas des risques plus grands qu'une espèce spécifique qui est déjà considérée inoffensive », Groupe d'experts sur l'avenir de la biotechnologie alimentaire, 2001, p. 198, [<http://www.rsc.ca/documents/GMreportFR.pdf>].

53 Au niveau fédéral, l'emballage, l'étiquetage et la publicité des aliments sont régis par plusieurs lois et règlements. Elles incluent la Loi sur les aliments et drogues (L.R.C. (1985) chapitre F-27) et son Règlement sur les aliments et drogues (C.R.C., chapitre 870), la Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation (L.R.C. (1985), chapitre C-38), la Loi sur les produits agricoles (S.C., 1985, chapitre 20 (4^e suppl.)), la Loi sur l'inspection des viandes (S.C., 1985, chapitre 25 (1^e suppl.)) et la Loi sur l'inspection du poisson (L.R.C. (1985), chapitre F-12). Une telle migration entraînerait la contamination des aliments. Voir, à ce sujet, Smolander et Chaudhry, 2010, p. 96.

54 Une telle migration entraînerait la contaminatoin des aliments. Voir Smolander et Chaudhry, 2010, p. 96.

La diffusion de tous les résultats

De nos jours, les développements technologiques dans le secteur agroalimentaire suscitent généralement la méfiance du public envers les gouvernements et l'industrie. Certains spécialistes pensent que cette méfiance serait en partie attribuable à un certain « manque de transparence » de la part de l'industrie. Or, les règles en vigueur n'obligent pas l'industrie à publier les différents résultats des recherches. En effet, l'avantage commercial de l'innovation amène souvent l'industrie à prendre des mesures pour protéger ses produits et son marché en ne dévoilant pas les détails de ses innovations. Sur le plan éthique, cette culture du « secret » peut contribuer grandement à entretenir la méfiance du public à l'égard de l'industrie.

Pour la Commission, le cadre réglementaire peut offrir des pistes de solution à cette situation. En effet, ce cadre exige que l'homologation des produits destinés à la commercialisation soit fondée sur les résultats d'évaluations scientifiques. La Commission estime que les procédures d'homologation des nouveaux produits devraient se dérouler dans la transparence en permettant l'accès à toutes les données scientifiques soumises au cours du processus d'homologation, qu'elles aient conduit ou non à l'autorisation de mettre en marché le produit.

Ainsi, considérant l'important déficit de connaissances quant à l'innocuité des aliments issus des nanotechnologies; considérant la nécessité de compiler toute l'information disponible sur la question de l'innocuité; considérant l'importance de maintenir la confiance du consommateur en matière d'alimentation et de développement technologique,

Recommandation n° 8

La Commission recommande que le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec prenne les mesures nécessaires pour modifier la réglementation afin que toutes les données des tests exigés par la réglementation à des fins d'homologation soient obligatoirement rendues publiques et facilement accessibles, y compris les résultats de tests antérieurs présentés pour des fins d'homologation et qui n'auraient pas permis d'obtenir cette homologation.

L'étiquetage : une avenue à considérer

Au cœur du débat entourant le développement de ces applications nanotechnologiques, la question de l'étiquetage fait continuellement surface. La Commission considère qu'il s'agit d'un sujet pertinent qui mérite une attention particulière.

Sur le plan éthique, deux arguments se confrontent sur la question de l'étiquetage. Le premier, généralement compris comme étant favorable à l'étiquetage, s'articule autour du droit du consommateur de faire des choix libres et éclairés en matière d'alimentation⁵⁵. L'étiquetage est alors perçu comme un moyen de répondre à ces demandes : l'étiquette apposée sur un produit permet d'obtenir l'information nécessaire pour satisfaire ce droit. Le second argument, généralement compris comme étant défavorable à l'étiquetage, s'articule autour des coûts et de la faisabilité d'une telle pratique. On invoque alors les difficultés liées au processus d'implantation d'un système d'étiquetage, qu'il s'agisse des choix quant à l'information à donner, de l'efficacité de cette procédure de communication, des coûts liés à la mise en place de cette mesure ou des désavantages commerciaux qui y sont rattachés⁵⁶.

Pour la Commission, cette discussion explicite la tension qui existe entre une argumentation qui priorise l'autonomie et le droit des individus et une argumentation qui priorise l'optimisation des bénéfices par rapport aux coûts. Or, aux yeux de la Commission, l'argument des coûts n'est pas, en soi, un argument qui s'oppose à la mise en place d'un système d'étiquetage. Pour elle, il s'agit plutôt d'un argument qui contribuerait, dans l'éventualité où le droit des consommateurs commanderait l'étiquetage, à déterminer les modalités de son application. Pour sa part, l'argument du « droit à l'information assurant le choix libre et éclairé du consommateur » conjugué aux préoccupations des consommateurs quant aux risques associés à ces développements technoscientifiques nous permettent d'affirmer qu'il existe effectivement des enjeux culturels ou sociaux associés aux aliments issus des nanotechnologies qui conduisent à recommander l'étiquetage.

La Commission est par ailleurs consciente qu'il est difficile et complexe de reconnaître le caractère « nanotechnologique » des produits. Ces difficultés tiennent en partie au manque de consensus, à l'échelle mondiale, quant aux normes en la matière⁵⁷. Elles tiennent aussi au fait que pour les entreprises, la reconnaissance explicite des produits issus des nanotechnologies représente un risque sur le plan de l'acceptabilité sociale. Ainsi, sans intérêt commercial ni contrainte réglementaire, l'industrie est peu susceptible de s'engager dans la diffusion de cette information.

Ainsi, considérant l'importance sur le plan éthique du droit des consommateurs à être informé adéquatement lorsqu'il est question de choix alimentaires,

Recommandation n°9

La Commission recommande que le gouvernement du Québec prenne les mesures nécessaires pour que les acteurs de l'industrie agroalimentaire qui utilisent sciemment les nanotechnologies en informent adéquatement les consommateurs. À ce sujet, l'étiquetage demeure, aux yeux de la Commission, une avenue privilégiée permettant de répondre adéquatement à ce droit à l'information.

Toutefois, la Commission croit qu'il faut d'une part évaluer dans quelle mesure les enjeux culturels et sociaux peuvent contribuer ou non à justifier l'étiquetage de ces produits et, d'autre part, développer une réflexion plus générale quant aux critères éthiques qui devraient encadrer cette pratique.

PLUSIEURS RECOMMANDATIONS, UNE SEULE VISION

Aux yeux de la Commission, les recommandations présentées dans ce document constituent un tout et devraient être considérées comme tel. Elles représentent les mesures minimales que le gouvernement devrait adopter pour assumer ses responsabilités en matière de protection de l'environnement et de la santé publique.

55 Rappelons que les produits dont il est question ici sont, selon les termes de l'évaluation scientifique de l'innocuité des aliments, des produits considérés comme inoffensifs pour la santé humaine.

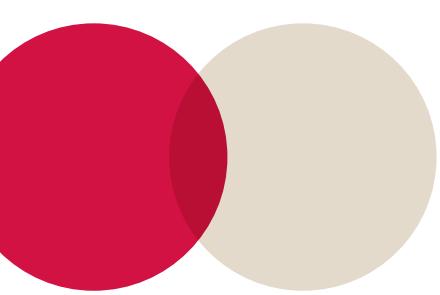
56 Dans son rapport intitulé *Agriculture et agroalimentaire : assurer et bâtir l'avenir* (2008), la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois discute des limites et des avantages généraux du recours à l'étiquetage dans le secteur agroalimentaire. Par exemple, voir les constats sur l'étiquetage des produits OGM, p. 181.

57 Voir la discussion dans CEST, 2006, p. 41. Il est à noter que plusieurs publications ont, depuis, permis des avancées significatives dans ce domaine. Voir, par exemple, IRSST, 2008.





CONCLUSION



CONCLUSION

En acceptant de se pencher sur les enjeux éthiques liés au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, la Commission de l'éthique en science et en technologie a décidé de poursuivre la réflexion plus large qu'elle avait amorcée en 2006. En effet, bien que le développement de ces applications ait été annoncé il y a plusieurs années, l'arrivée effective des produits issus des nanotechnologies en agroalimentaire sur les marchés internationaux confirme l'importance de mener une réflexion éthique assurant une gestion responsable de ces technologies.

Dans la première partie de ce supplément, la Commission a présenté un bref état de la situation en ce qui a trait aux différentes applications nanotechnologiques dans ce secteur. Pour la Commission, deux facteurs influencent

grandement le développement des nanotechnologies. D'une part, il est difficile d'évaluer le risque lié à ces technologies en raison d'un important déficit de connaissances. En effet, on sait peu de choses sur le risque associé aux produits issus de ces technologies, par exemple, sur la toxicité des nanoparticules de synthèse utilisées dans les différents secteurs agroalimentaires. D'autre part, cette même évaluation doit considérer le caractère « vital » des activités liées à l'alimentation. Fondamentalement, l'humain doit se nourrir pour survivre et ce besoin est récurrent, situation qui révèle sa très grande vulnérabilité. De plus, on constate que plusieurs facteurs sociaux et culturels guident les choix alimentaires des consommateurs. Cette « logique » du consommateur est généralement complexe et difficile à apprécier.

Ainsi, considérant que le risque lié aux nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire est peu documenté et que ces applications touchent directement l'alimentation humaine, la Commission croit que la question de l'innocuité des aliments issus des nanotechnologies constitue l'enjeu éthique fondamental de ces développements. Toutefois, à cause de notre méconnaissance des risques liés à ces applications, la Commission considère que l'enjeu de santé publique soulevé par le développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire se trouve subordonné à des enjeux de gouvernance. Aussi invite-t-elle les décideurs publics à gérer cette « incertitude » conformément à leur responsabilité de protéger la santé des citoyens et l'environnement. Il est donc impératif, aux yeux de la Commission, de combler le déficit de connaissances quant aux risques liés aux applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire. Il importe d'encourager et de stimuler la recherche scientifique sur les risques et de promouvoir le développement et le maintien de l'expertise au sein de la fonction publique. Actuellement, cette ignorance constitue un problème majeur qui entrave sérieusement la prise de décision quant à la gestion responsable du risque.

De plus, selon la Commission, les enjeux liés aux développements technoscientifiques conjugués aux questions entourant l'alimentation peuvent contribuer largement à miner la relation de confiance entre le gouvernement et les consommateurs et les citoyens. Dans une perspective démocratique, la Commission recommande donc que le gouvernement s'engage à rendre accessible aux différents acteurs toute l'information scientifique disponible et pertinente ainsi qu'à mettre en place les dispositifs nécessaires pour assurer un dialogue avec les citoyens au sujet du risque.

Finalement, puisqu'il est question de la gestion de nouvelles technologies dans le domaine de l'alimentation, la Commission se demande si les différents cadres réglementaires sont adéquats : selon elle, les gouvernements doivent s'assurer de l'efficacité et de la transparence des processus d'homologation qui s'appliquent aux aliments issus des nanotechnologies. Parallèlement, elle est d'avis que la question de l'étiquetage ne doit pas être occultée. Puisque plusieurs interrogations demeurent, particulièrement en ce qui a trait aux critères éthiques devant encadrer cette pratique, il est donc nécessaire de continuer la réflexion.

Si les applications nanotechnologiques dans le secteur agroalimentaire en sont encore à leurs débuts, les développements dans ce domaine se poursuivront désormais à grande vitesse. En menant cette réflexion éthique, la Commission veut accompagner l'évolution de ces technologies afin de mieux en apprécier la portée et de prévenir certains excès. En définitive, la Commission souhaite que la mise en œuvre des recommandations formulées dans cet avis contribue à assurer un développement éthiquement et socialement acceptable des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire.





BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE⁵⁸

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2006). *Perception du risque et participation du public*, Paris, AFSSET, 6 p.

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2009). *Expertise collective : synthèses et conclusions, Évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et dans l'environnement*, Paris, AFSSET, 7 p.

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2010). *Évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et dans l'environnement*, Paris, AFSSET, 207 p.

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS (2009). *Nanotechnologies et nanoparticules dans l'alimentation humaine et animale*, Paris, AFSSA, 27 p.

ALLHOFF, Fritz, Patrick LIN et Daniel MOORE (2010). *What is Nanotechnology and Why does it Matter? From Science to Ethics*, Chichester (R.-U.), Wiley-BlackWell, 304 p.

ARORA, Amit et G.W. PADUA (2010). « Review : Nanocomposites in Food Packaging », *Journal of Food Science*, vol. 75, n° 1, p. R43-R49.

BERUBE, David M. et collab. (2010). « Project on Emerging Nanotechnologies – Consumer Product Inventory Evaluated » *Nanotechnology Law & Business* 7, p. 152-163.

BOUWMEESTER, H. et collab. (2007). *Health impact of nanotechnologies in food production*, Institute of Food Safety and National Institute for Public Health & the Environment (RIKILT/ RIVM), 91 p. [<http://edepot.wur.nl/120669>].

BRAS, Julien (2008). « Un papier intelligent pour des emballages intelligents », *Emballages Magazine*, 15 septembre 2008, n° 895, p. 4-7. [<http://cerig.efpg.inpg.fr/Note/2009/papier-emballage-intelligents.htm>].

CHAUDHRY, Qasim et collab. (2008). « Applications and implications of nanotechnologies for the food sector », *Food Additives and Contaminants*, 2008, vol. 25, n° 3, p. 241-258. [<http://dx.doi.org/10.1080/02652030701744538>].

CHAUDHRY, Qasim et Kathy GROVES (2010). « Nanotechnology Applications for Food ingredients, Additives and Supplements », dans Qasim CHAUDHRY, Laurence CASTLE et Richard WATKINS (dir.), *Nanotechnologies in Food*, Londres, RSC Publishing, p. 69-85.

COMITÉ D'EXPERTS SUR LES NANOTECHNOLOGIES (2008). *Petit et différent : perspective scientifique sur les défis réglementaires du monde nanométrique*, Ottawa, Conseil des académies canadiennes, CE-CAC, 138 p. [[http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/nano%20\(2008_07_10\)_report_on_nanotechnology_fr.pdf](http://sciencepourlepublic.ca/uploads/fr/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/nano%20(2008_07_10)_report_on_nanotechnology_fr.pdf)].

COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (2003). *Pour une gestion éthique des OGM*, Québec, CEST, 117 p.

COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (2006). *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*, Québec, CEST, 121 p.

COMMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (2009). *Regard éthique sur les technologies de restriction de l'utilisation génétique*, Québec, CEST, 124 p.

COMMISSION SUR L'AVENIR DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE QUÉBÉCOIS (2008). *Agriculture et agroalimentaire : assurer et bâtir l'avenir*, Québec, 272 p.

CONSEIL NATIONAL DE L'ALIMENTATION (2009). *Avis sur le développement des nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires : conséquences, responsabilité des opérateurs et acceptabilité sociale* (Avis n° 65), Paris, CNA, 55 p. [<http://www.nanonorma.org/ressources/documentation-nanonorma/avis%20nb065%20definitif%20CNA.pdf/view>].

CONSEIL NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS (2009). *Les nanotechnologies posent des problèmes nouveaux*, Paris, Nanoforum du CNAM. 14 p. [http://www.debatpublic-nano.org/informer/contribution-du-nanoforum.html?id_document=14].

DE PAULA HERRMANN, Paulo Sergio JR. et José Antonio BRUM (2009). « Le monde en développement participe au progrès des nanotechnologies de purification de l'eau », *Le Réseau Sciences et Développement*. [<http://www.scidev.net/fr/new-technologies/nanotechnology-for-clean-water/opinions/le-monde-en-developpement-participe-au-progr-s-des.html>].

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (2007). *Characterising the Potential Risks posed by Engineered Nanoparticles – A Second UK Government Research Report*, London, DEFRA, 92 p.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (2009). *EMERGNANO: A review of completed and near completed environment, health and safety research on nanomaterials and nanotechnology*, London, DEFRA, 81 p.

DeROSA, Maria (2009). *Perspectives et impacts potentiels de l'utilisation de la nanotechnologie dans les engrains. Une analyse prévisionnelle de l'utilisation de la nanotechnologie en agriculture*, document non publié, Université de Carleton, 66 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2007). *Nanotechnology White Paper, Science Policy Council*, Washington (DC.), U.S., Environmental Protection Agency (EPA), 120 p.

ETC GROUP (2004). *La ferme atomisée. L'impact des nanotechnologies sur l'agriculture et l'alimentation*, Ottawa, ETC Group, 68 p. [<http://www.etcgroup.org/upload/publication/10/02/dotf-etc-french.pdf>].

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2009). « Scientific Opinion: The Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety », *The EFSA Journal*, vol. 958, p. 1-39.

FRIENDS OF THE EARTH (2008). *Out Of The Laboratory And On To Our Plates, Nanotechnology in Food & Agriculture*, (FoE). [http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf].

GRIMSHAW, David J. (2009) « Les nanotechnologies d'épuration de l'eau : faits et chiffres », Le Réseau Sciences et Développement. [<http://www.scidev.net/fr/agriculture-and-environment/features/les-nanotechnologies-d-puration-de-l-eau-faits-et-.html>].

GROBE, Antje, Ortwin RENN et Alexander JAEGER (2008). *Risk Governance of Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics, A report prepared for IRGC*, International Risk Governance Council (IRGC), Geneva.

GROUPE D'EXPERTS SUR L'AVENIR DE LA BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (2001). *Rapport*, 269 p. [<http://www.rsc.ca/documents/GMreportFR.pdf>].

HOUSE OF LORDS (2010). *Nanotechnologies and Food*, London, House of Lords, 112 p. [<http://www.publications.parliament.uk/pa/ld/ldsctech.htm>].

INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT-SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ AU TRAVAIL (2008). *Les effets sur la santé reliés aux nanoparticules*, 2^e édition, rapport R-558, IRSST, gouvernement du Québec, 120 p. [http://www.irsst.qc.ca/fr/publicationirsst_100373.html].

INTERNATIONAL COUNCIL ON NANOTECHNOLOGY (2010). *Advancing the Eco-Responsible Design and Disposal of Engineered Nanomaterials*, Rice University, Houston, ICON, n° 5. 52 p.

JOSEPH, Tiju et Mark MORRISON (2006). *Nanoforum Report: Nanotechnology in Agriculture and Food*, Institute of Nanotechnology, 14 p. [http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~377~.html?action=longview_publication&].

LOULERGUE, Marie-Hélène (2008). « Présentation des travaux de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments », *Nanotechnologies et alimentation : état des lieux et incertitudes*, NANOFORUM, 23 p. [http://www.vivagora.org/IMG/pdf/CR_nanoforum07_02_08.pdf].

58 Toutes les adresses Internet étaient valides le 4 août 2011.

- MACOUBRIE, Jane (2005). *Informed Public Perceptions of Nanotechnology and Trust in Government*, PROJECT ON EMERGING NANOTECHNOLOGIES (PEN), The Pew Charitable Trusts, 31 p.
- MAYNARD, Andrew D. (2006). *Nanotechnology : A Research Strategy for Addressing Risk*, Project on Emerging Nanotechnologies (PEN), The Pew Charitable Trusts.
- MORRIS, Victor J. (2010) « Natural Food Nanostructures », dans Qasim CHAUDHRY, Laurence CASTLE et Richard WATKINS (dir.), *Nanotechnologies in Food*, Londres, RSC Publishing, p. 50-68.
- NEETHIRAJAN, Suresh (2007). « La nanotechnologie pour les industries agroalimentaires, agricoles et les biosystèmes, atelier sur l'innovation », *Conseil canadien de la gestion d'entreprise agricole*, Ottawa. [http://www.farmcentre.com/francais/Documents/Events/Innovation_NanotechnologyforAgri-Food-Biosystems-fr.ppt].
- NEUBERG, Marc (1996). « Responsabilité », dans Monique CANTO-SPERBER (dir.), *Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale*, Paris, PUF, p. 1385-1391.
- OFFICE QUÉBÉCOIS DE LA LANGUE FRANÇAISE (2010). *Vocabulaire panlatin de la nanotechnologie*, Québec, OQLF, 91 p. [http://realiter.net/IMG/pdf/panlatin_nanotechnologie20100108.pdf].
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (2002). *Consultation d'experts FAO sur la sécurité sanitaire des aliments : science et éthique*, Rome, FAO, 31 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (1995). *Rapport de la Consultation mixte d'experts sur l'application de l'analyse des risques dans le domaine des normes alimentaires*, Genève, FAO/OMS, 39 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (1997). *Risk Management and Food Safety, Report of a Joint FAO/WHO Consultation*, Rome, FAO/OMS, 27 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2000). *Aspects de la salubrité des aliments génétiquement modifiés d'origine végétale, Rapport d'une consultation conjointe d'experts FAO/OMS sur les aliments produits par biotechnologie*, Genève, FAO/OMS, 39 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2009). *Expert Meeting on the Application of Nanotechnologies in the Food and Agriculture Sectors: Potential Food Safety Implications: Meeting Report*, Rome, FAO/OMS, 104 p. [http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/FAO_WHO_Nano_Expert_Meeting_Report_Final.pdf].
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2011). *Réunion d'experts FAO/OMS sur l'application des nanotechnologies dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture : incidences possibles sur la sécurité alimentaire, rapport de la réunion*, FAO/OMS, 144 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (2011). *Commission du Codex Alimentarius. Manuel de procédure*, 20^e édition, Rome, FAO/OMS, 238 p.
- POULAIN, Jean-Pierre (2002). *Sociologies de l'alimentation – Les mangeurs et l'espace social alimentaire*, Paris, PUF, 286 p.
- REGROUPEMENT EN SOINS DE SANTÉ PERSONNALISÉS DU QUÉBEC (2011). *Pour que le Québec tire pleinement bénéfice du développement en soins de santé personnalisés : une proposition d'affaires du regroupement en soins de santé personnalisés du Québec*, Regroupement en soins de santé personnalisés du Québec (RSSPQ).
- ROBINSON, Douglas K R. et Mark J. MORRISON (2010). *Nanotechnologies for food packaging: Reporting the science and technology research trends – Report for the ObservatoryNANO*, ObservatoryNANO, 20 p. [www.observatorynano.eu].
- ROBINSON, Douglas K R. et Mark J. MORRISON (2009). *Nanotechnology Developments for the Agrifood Sector – Report of the ObservatoryNANO*, ObservatoryNANO, 46 p. [www.observatorynano.eu].
- SCIENTIFIC COMMITTEE ON EMERGING AND NEWLY IDENTIFIED HEALTH RISKS (2009). *Risk assessment of products of nanotechnologies*, European Commission (SCENIHR), 71 p.
- SMOLANDER, Maria et Qasim CHAUDHRY (2010). « Nanotechnologies in Food Packaging », dans Qasim CHAUDHRY, Laurence CASTLE et Richard WATKINS (dir.), *Nanotechnologies in Food*, Londres, RSC Publishing, p. 86-101.

THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, Londres, The Royal Society, 155 p. [<http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>].

TRAN, Lang et Qasim CHAUDHRY (2010). « Engineered Nanoparticles and Food: An Assessment of Exposure and Hazard », dans Qasim CHAUDHRY, Laurence CASTLE et Richard WATKINS (dir.), *Nanotechnologies in Food*, Londres, RSC Publishing, p. 120-133.

UNESCO (2008). *Éthique et politique des nanotechnologies*, Paris, UNESCO. [<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951f.pdf>].

ZHANG, Wei-xian (2003). « Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview », *Journal of Nanoparticle Research*, n° 5, p. 323-332.

ZILLIOX, Lothaire (2002). « Pollution et épuration des eaux », dans Yves MICHAUD (dir.), *Université de tous les savoirs. La nature et les risques*, Paris, Éditions Odile Jacob, p. 209-223.

ZIMMER, René, Rolf HEREL et Gaby-Fleur BÖL (2008). *Public Perceptions about Nanotechnology. Representative survey and basic morphological-psychological study*, Federal Institute for Risk Assessment, Berlin.







ANNEXES

EXTRAIT DE LA DEMANDE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC



Voici donc quelques aspects de la question qui nous interpellent plus particulièrement :

1. L'utilisation des nanotechnologies en agroalimentaire implique l'entrée de nouvelles substances de très petite taille dans la chaîne alimentaire humaine et animale.
2. La taille des particules nanométriques, les propriétés nouvelles qu'acquiert la matière à cette échelle et leurs impacts potentiels.
3. Le besoin de recherches pour bien circonscrire les paramètres entourant l'utilisation des nanoparticules. Eu égard au taux de pénétration important des nanoparticules à travers les tissus humains et animaux, des recherches additionnelles sont particulièrement nécessaires, sur les interactions, la toxicité et la stabilité des nanomatériaux dans l'alimentation humaine et animale, dans le système digestif et dans les tissus biologiques.
4. L'éventail d'applications potentielles des nanotechnologies dans le domaine agroalimentaire (allant des emballages alimentaires, des bio-pesticides à action contrôlée jusqu'à la modification des composantes des aliments).
5. Les consommateurs ne sont pas encore très au fait des nanotechnologies et de leurs applications. Ils seront tout d'abord sensibilisés à cette technologie par l'arrivée de produits de consommation qui ne sont pas liés au domaine alimentaire. Mais lorsque les nanotechnologies provoqueront des changements au niveau alimentaire par l'ajout de nanoparticules, des questions sociales et éthiques se poseront puisque le rapport que les gens ont avec la nourriture sera modifié.
6. Les réglementations actuelles ne sont pas conçues nécessairement pour l'arrivée des nanotechnologies en agroalimentaire.
7. Les enjeux de l'utilisation de la nanobiotechnologie en agriculture (usage vétérinaire, diagnostics, nanoencapsulation de pesticides, biopuces, etc.).



ACTIVITÉ DE CONSULTATION DE LA COMMISSION ET LES TRAVAUX RÉALISÉS À CONTRAT

LES PERSONNES SUIVANTES ONT ACCEPTÉ DE FAIRE UNE LECTURE CRITIQUE DE LA PREMIÈRE VERSION DU RAPPORT DU COMITÉ DE TRAVAIL :

- **Brice Laurent**, ingénieur des Mines, chercheur au Centre de sociologie de l'innovation de Mines Paris Tech et maître de conférence à Sciences Po Paris;
- **Muriel Subirade**, professeure à la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation à l'Université Laval et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les protéines, les biosystèmes et les aliments fonctionnels, INAF/Stela.

LA COMMISSION A CONFIÉ À LA PERSONNE SUIVANTE UN CONTRAT DE COURTE DURÉE :

- **Francis Lord**, étudiant au doctorat à la Faculté de droit de l'Université McGill.

La Commission remercie toutes ces personnes d'avoir collaboré à sa réflexion et à l'enrichissement du contenu de son supplément à l'avis sur les nanotechnologies en agroalimentaire.

LES MEMBRES DU COMITÉ DE TRAVAIL

PRÉSIDENT DU COMITÉ DE TRAVAIL :

Patrick Beaudin

Directeur général
Société pour la promotion de la science
et de la technologie
Membre de la Commission de l'éthique
en science et en technologie

MEMBRES DU COMITÉ DE TRAVAIL:

Denise Aubé

Médecin-conseil et chercheuse
Institut national de santé publique du Québec

Khaled Belkacemi

Professeur agrégé
Département des sols et de génie agroalimentaire
Université Laval

France Brunelle

Conseillère scientifique en biotechnologie
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation

M^e Édith Deleury

Professeure émérite
Faculté de droit de l'Université Laval
Présidente de la Commission de l'éthique
en science et en technologie

Jean-Pierre Lemasson

Professeur
Département d'études urbaines et touristiques
Université du Québec à Montréal

Jacques T. Godbout

Professeur émérite
Institut national de la recherche scientifique -
Centre Urbanisation Culture Société
Membre de la Commission de l'éthique
en science et en technologie

Lyne Létourneau

Professeure agrégée
Département des sciences animales
Université Laval

Johane Patenaude

Professeure titulaire
Faculté de médecine et des sciences de la santé
Université de Sherbrooke

Dany Rondeau

Professeure
Département des lettres et humanités
Université du Québec à Rimouski
Membre de la Commission de l'éthique en
science et en technologie

Pascale Tremblay

Agronome
Ex-commissaire de la Commission sur l'avenir de
l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois
Animatrice de l'émission *La vie en vert*

SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION DE L'ÉTHIQUE EN SCIENCE ET EN TECHNOLOGIE :

M^e Nicole Beaudry

Notaire
Secrétaire générale de la Commission

Marie-France Paquette

Conseillère en éthique
et secrétaire de réunion

Vincent Richard

Conseiller en éthique
et secrétaire de réunion



LES MEMBRES DE LA COMMISSION DE L'ÉTHIQUE EN SCIENCE ET EN TECHNOLOGIE

LA PRÉSIDENTE

M^e Édith Deleury

Professeure émérite – Faculté de droit
Université Laval

LES MEMBRES

Patrick Beaudin

Directeur général
Société pour la promotion de la science
et de la technologie

Dr Pierre Deshaies

Médecin spécialiste en santé communautaire
Chef du Département clinique de santé publique
Hôtel-Dieu de Lévis

Hubert Doucet

Professeur invité
Faculté de médecine, Faculté de théologie
Programmes de bioéthique
Université de Montréal

Mariette Gilbert

Ex-présidente provinciale
Association féminine d'éducation
et d'action sociale

Jacques T. Godbout

Professeur émérite
Institut national de la recherche scientifique –
Urbanisation, Culture et Société

Françoise Guénette

Journaliste indépendante

Dany Rondeau

Professeure
Département des lettres et humanités
Université du Québec à Rimouski

Bernard Sinclair-Desgagné

Professeur titulaire
Chaire d'économie internationale
et de gouvernance
HEC Montréal

Eliana Sotomayor

Travailleuse sociale
Chargée de cours – École de service social
Université de Montréal

LA SECRÉTAIRE GÉNÉRALE

M^e Nicole Beaudry



Cet avis est un supplément à l'avis
Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir



2006

Préoccupé par une gestion responsable des nanotechnologies, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation a adressé à la Commission, en juin 2009, une lettre faisant état d'un certain nombre de questions concernant l'usage des nanotechnologies en agroalimentaire, particulièrement des questions éthiques et sociales qui découlent de cette utilisation. Il y était proposé que la Commission rédige un supplément à son avis de 2006 qui traiterait exclusivement de l'utilisation des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire.

Poser un regard sur les nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, c'est aborder le développement d'applications qui en sont encore à leurs débuts. Déjà, l'avènement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire promet de révolutionner la filière alimentaire à tous les niveaux, c'est-à-dire au niveau de la production, de la transformation et de la distribution des aliments. Pour l'industrie, le développement des nanotechnologies permettra de répondre plus adéquatement aux pressions et aux demandes du marché, qu'il s'agisse de proposer des méthodes de production plus rentables et plus efficaces, d'offrir des produits plus attrayants respectant des critères « santé » plus stricts ou d'assurer une détection plus complète et plus rapide des sources de contamination alimentaire.

Enjeux éthiques des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire est un supplément à l'avis publié par la Commission de l'éthique en science et en technologique en 2006 et intitulé *Éthique et nanotechnologies : se donner les moyens d'agir*. Reprenant les grandes divisions de cet avis, ce supplément est divisé en trois chapitres. Afin de bien situer le lecteur par rapport au développement des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire, le premier chapitre présente sommairement les diverses applications les plus susceptibles d'être mises au point à court ou à moyen terme. Le second chapitre explique l'encadrement légal qui régit actuellement les produits issus des nanotechnologies et aborde la question du risque associé à ces développements. Dans le troisième chapitre, la Commission conclut sa réflexion en abordant les principaux enjeux associés à ces développements technoscientifiques. Elle y formule neuf recommandations qui, à son avis, représentent les mesures minimales qui permettent d'assurer une gestion socialement responsable de ces développements.

Cet avis et les autres publications de la Commission sont disponibles à l'adresse suivante : www.ethique.gouv.qc.ca

La mission de la Commission de l'éthique en science et en technologie consiste, d'une part, à informer, sensibiliser, recevoir des opinions, susciter la réflexion et organiser des débats sur les enjeux éthiques du développement de la science et de la technologie, et, d'autre part, à proposer des orientations susceptibles de guider les acteurs concernés dans leur prise de décision.