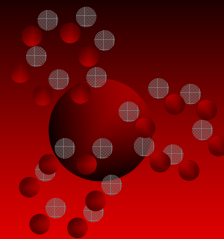


LES NANOTECHNOLOGIES

Un secteur en émergence : promesses et questions!



Nanotechnologies : multidisciplinarité

Tous les secteurs sont touchés par les avancées en nanotechnologie :

- Physique
- Chimie
- Automobile
- Électronique
- Informatique
- Biologie, biotechnologie
- Médecine
- Alimentation, agriculture

Ces avancées scientifiques permettent un partenariat innovant entre des secteurs inhabituels, comme les secteurs biotechnologiques et électroniques.

Classification des nanocomposantes

« Nanoparticules »

→ matériaux avec trois dimensions à l'échelle nanométrique

« Nanotubes ou Nanofils »

→ matériaux avec deux dimensions à l'échelle nanométrique

« Nanofilm » (enrobage ou feuilles très minces)

→ matériaux avec une seule dimension à l'échelle nanométrique

Fil conducteur au cœur des nanotechnologies

Par leur taille, les particules nanométriques acquièrent des propriétés nouvelles (par exemple, optiques, couleurs), comparées à leur équivalent macroscopique. La résistance, la conductivité, la solubilité et la réactivité des matériaux s'améliorent.

L'utilisation de particules nanométriques permettrait d'améliorer les fonctionnalités des matériaux, de réduire l'utilisation de substances chimiques, de mieux gérer les ressources disponibles et de développer des nanoparticules d'ingénierie ayant des fonctions spécifiques.

Il est possible de voir les nanocomposantes en agroalimentaire de deux façons :

- utiliser des nanocomposantes dans un procédé industriel; ou
- concevoir des produits qui contiennent des nanocomposantes.

Définition des nanotechnologies/nanoscience

Le monde de la nanoscience et de la nanotechnologie se situe à l'échelle du nanomètre (i.e. un milliardième de mètre ou 10^{-9}).

Le préfixe « nano » vient du grec *nanos*, qui signifie « nain ».

La nanotechnologie conçoit et utilise des structures appelées « nanoparticules » qui mesurent entre 1 et 100 nm.

Comparatifs :

→ cheveu : $50\mu\text{m}$
(50'000 nm);

→ protéine : 10 nm;

→ ADN : 1 nm;

→ fourmi : 1 cm
(10 000 000 nm).

Marché des nanotechnologies

Le marché global des nanotechnologies est en pleine croissance.

Il a atteint plusieurs milliards de US\$ et atteindra 1 trillion US\$ d'ici quelques années ⁽¹⁾.

En agroalimentaire...

- D'ici 2040, il atteindra 20,4 milliards US\$
- Dans la prochaine décennie, 25 % des emballages auront des nanotechnologies
- Le marché des emballages avec des nanocomposantes :
 - 5,3 milliards US\$ pour les emballages actifs
 - 1,3 milliard US\$ pour les emballages intelligents ^(2,3,4)

Les défis de l'industrie agroalimentaire et les nanotechnologies

On utilise les nanotechnologies pour atteindre des objectifs bien définis :

- une production agricole et animale plus précise;
- une production agricole qui utilise moins de ressources et qui pollue moins;
- de meilleurs goûts, saveurs et textures des aliments;
- une durée de vie tablette plus longue et une meilleure stabilité des produits;
- de nouveaux moyens de réduire la quantité de sel, de sucre, de gras, de couleurs artificielles et d'agents de conservation;
- atténuer certains problèmes comme l'obésité, le diabète, les maladies cardiovasculaires, les désordres digestifs, certains types de cancers (par exemple, celui des intestins) et les allergies alimentaires;
- améliorer la sécurité et la traçabilité;
- augmenter la solidité des emballages;
- améliorer les étiquettes et la traçabilité;
- améliorer le contrôle des bactéries et des pathogènes;
- éliminer les toxines dans les aliments;
- réduire la quantité d'emballage, les déchets et l'empreinte de carbone dans le cycle de vie des produits alimentaires.



Applications potentielles des nanotechnologies en agroalimentaire

La production, la transformation et la distribution des aliments sont tous des secteurs d'activité où peuvent potentiellement s'appliquer les nanotechnologies.

En production agricole

- **Amélioration de l'efficacité des pesticides** soit par nanopréparations, par émulsions en nanogouttelettes, par nanoencapsulation de pesticides, par libération contrôlée, etc. Il y a donc une plus grande facilité d'application et les dosages nécessaires sont plus précis. De plus, avec l'application de ces procédés, cela réduit le contact des travailleurs avec les ingrédients actifs.
- **Amélioration de l'efficacité des engrais et fertilisants.** Facilite la croissance des plantes en leur fournissant les nutriments et minéraux appropriés. Rend les engrais, les fertilisants et les plantes plus résistants aux conditions atmosphériques difficiles. L'absorption des produits est également meilleure.
- **Augmentation du rendement de la production agricole.** Entre autres, en optimisant l'utilisation des intrants. Il est possible par exemple, d'utiliser de la « poussière intelligente » conçue avec des nanocapteurs. Cette poussière assure un meilleur contrôle de l'humidité, de la température, des conditions de sols et permet de localiser rapidement les zones d'infestation par des ravageurs.
- **Traitements pour la dépollution des résidus agricoles (eau, sol et air).** Par exemple, en installant des nanofiltres à air dans les étables, des adsorbants pour l'ammoniac et le phosphate, des nanosenseurs pour détecter directement les organophosphates et les pesticides neurotoxiques, etc.
- **Viabilité des semences.** Par exemple, des nanosenseurs pour la détection du CO₂ permettent de surveiller la qualité des grains; d'offrir des contenants pour la préservation des semences à un degré de viabilité adéquat.

En production animale

- **Suppléments alimentaires et accélérateurs de croissance.** Fabrication de suppléments avec des vitamines et des minéraux à l'échelle nanométrique, entre autres, pour la production de volaille et du bétail.
- **Gestion des troupeaux.** Plusieurs paramètres peuvent être améliorés dans ce secteur, comme l'utilisation de localisateur de troupeau et de nanosenseurs pour surveiller la santé de l'animal.
- **Reproduction assistée.** Utilisation de nanopuces pour la gestion des données génétiques et le dépistage de maladies ou pour la prédétermination du sexe du bétail.

En médecine vétérinaire

- **Manipulation d'échantillons biologiques** (sang, tissus et sperme)
 - Nanosenseurs pour la détection des maladies
 - Tests pour une détection précoce des carences
- **Nanovaccins et médicaments à libération contrôlée**
 - Vecteur et nanoencapsulation des ingrédients actifs
- **Traitement de maladies sans médicaments**
 - Nanoadditifs liant les toxines
 - Nanoalimentation thérapeutique

En transformation des aliments

- **Aliments à valeur ajoutée**

Amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments par la nanoencapsulation et l'augmentation du taux d'absorption des nutriments par l'organisme.
- **Nanoingrédients et additifs alimentaires**

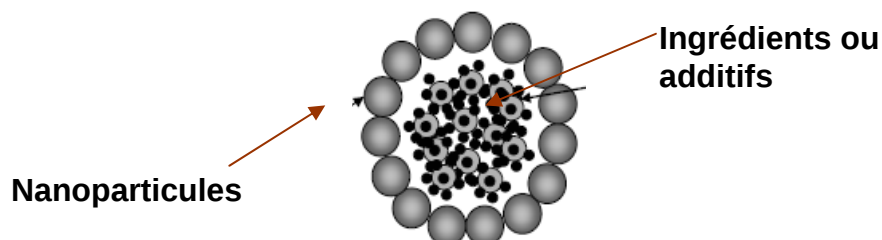
Produits alimentaires nanotexturés comme des tartinales, des mayonnaises, des crèmes, des yogourts et des crèmes glacées

 - nouveaux goûts;
 - textures améliorées;
 - consistance et stabilité des émulsions;
 - produits moins sucrés, salés ou gras.

Utilisation d'additifs alimentaires de tailles nanométriques ou nanoencapsulés pour une meilleure dispersion des colorants, des agents de conservation, des saveurs et des suppléments.

- **Nanoencapsulation**

Cette méthode est plus efficace pour préserver les ingrédients et les additifs durant les procédés de transformation et l'entreposage que la macroencapsulation. Il est également possible de masquer les goûts désagréables, de contrôler la libération des additifs et d'augmenter l'apport des nutriments et des suppléments encapsulés.



En distribution des aliments

➤ **Emballage alimentaire « actif »**

L'utilisation de polymères incorporant des nanomatériaux vise des améliorations de la flexibilité, de la durabilité, de la solidité, de la stabilité de la température et de l'humidité. Ils peuvent également permettre d'obtenir de meilleures barrières contre les rayons UV et des échanges gazeux mieux contrôlés.

L'utilisation de nanoparticules d'argent dans la fabrication de ces emballages permet d'obtenir des propriétés antibactériennes.

➤ **Emballage biodégradable**

L'utilisation de polymères de nanocomposites comme des nanofilms avec de l'amidon ou de l'acide polylactique permet d'envisager que l'emballage sera plus facilement biodégradable.

➤ **Emballage alimentaire « intelligent »**

Ces emballages contiennent des nanosenseurs (dans l'emballage lui-même ou sur l'étiquette) capables d'enregistrer ou d'afficher divers marqueurs de qualité des aliments pendant la fabrication, le transport, l'entreposage ou la consommation du produit.

➤ **Nanoenrobage pour la conservation**

On pense, par exemple, à des nanofilms imitant la cire sur les fruits et légumes qui permettraient d'en augmenter la durée de vie sur les tablettes.

En amélioration des équipements domestiques et/ou industriels utilisés dans le secteur agroalimentaire

Les améliorations recherchées visent essentiellement à rendre plus performants et sécuritaires les ustensiles de cuisine, les appareils domestiques, les équipements de transport, etc., par l'ajout à l'aide des nanotechnologies de :

- Propriétés antibactériennes
- Propriétés antiadhésives

En détection de la qualité des produits

- « Langue » électronique (pour les saveurs, textures) ou « nez » électronique pour les odeurs
- Vaporisateur de détection de nanobioluminescence
- Nanopuces de détection des pathogènes

Utilisation des matières premières agricoles/ « copier la nature »

- Recourir aux fibres d'origine végétale, comme la nanocellulose, ou des nanofibres de coton dans les emballages afin de renforcer un produit.
- Des adhésifs à base de nanoamidon.
- Nanostructure de cire des plantes pour limiter la mouillabilité.

Nanopuces et Nanocode-barres

- Pour les inventaires (à l'intérieur des emballages);
- Pour sonder les goûts et les particularités d'achats des consommateurs.

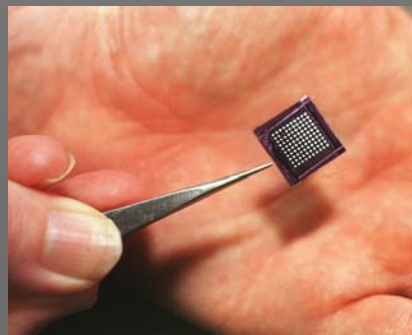
Les nanotechnologies au Québec

Le Québec est très actif en recherche dans le domaine du développement des nanoparticules et de la nanotechnologie. En mars 2006, un rapport de l'*Institut de recherche Robert-Sauvé* en santé et sécurité au travail (IRSST)⁷ estimait que le Québec comptait environ 200 professeurs-chercheurs actifs dans ce domaine et plus de 1000 étudiants répartis dans presque toutes les universités et certains cégeps, ainsi que dans plusieurs centres de recherche. De plus, environ une quarantaine d'entreprises québécoises œuvrent actuellement dans la production de nanomatériaux ou sont en phase de démarrage.

Pour le domaine agroalimentaire québécois, un portrait est en élaboration. On pense notamment aux chercheurs de l'INAF (qui travaillent sur la nanoencapsulation d'ingrédients actifs), aux chercheurs de la FSAA à l'Université Laval (qui travaillent sur des nanoadsorbants pour le traitement des sous-produits agricoles), aux chercheurs de l'UQTR (qui travaillent sur les nanofibres de cellulose), etc.



Étiquette et emballage intelligents⁵



Langue nanotechnologique⁶



Le contrôle de la qualité des boissons s'effectue à l'aide d'une langue électronique⁽⁶⁾

Les produits commercialisés

En date du 20 juillet 2011, dans le “*Consumer Products Inventory*” du Project of Emerging Nanotechnology (PEN)⁸, on comptait 1317 produits au total, provenant de près de 500 compagnies dispersées dans 30 pays, dont 16 produits au Canada et 587 aux États-Unis.

... en agroalimentaire à travers le monde

Parmi cet inventaire, on retrouve 105 produits de la catégorie « aliments et breuvages » dont 64 sont présents aux États-Unis. Les applications de la nanotechnologie vont des bouteilles de bière en plastique aux emballages intelligents, des suppléments alimentaires au dentifrice, en passant par les ustensiles de cuisine antiadhésifs à des rafraîchisseurs d'huile à cuisson.

Dans la même catégorie, un seul produit est présent au Canada, le *NanoSlim*. (*Le NanoSlim est une diète amaigrissante en micropilule, où les ingrédients actifs ont été réduits à la taille nanométrique afin d'en maximiser l'absorption et l'efficacité.*)

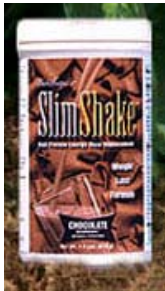
Selon Santé Canada, seules des demandes d'approbation pour des emballages alimentaires contenant des nanoparticules sont en analyse.

NanoSlim



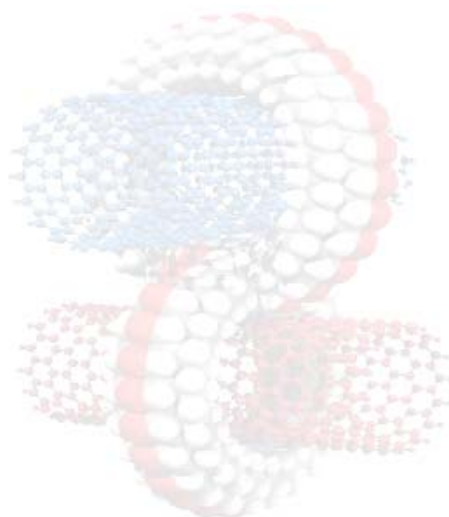
	FresherLonger™ Plastic Storage Bags	Avec des nanoparticules d'argent pour empêcher la croissance bactérienne à la surface du produit. Réduction des bactéries : 99,9 %
	NANO B-12 Vitamin Spray (Nutrition By Nanotech, LLC)	“We at “Nutrition By Nanotech”, with our Nano-Ceutical Delivery System, can enable You and Your Family to enjoy taking Your Vitamin B-12. Your children will love the taste, it's like candy, Would you believe it, that they are asking for more!”



		Bouteille de plastique pour la bière (contrôle des échanges gazeux, de l'humidité). Aussi solide que le verre. Permet une durée de vie sur la tablette pour le produit de 6 mois.
	Washer Company: 3EVER Co., Ltd	Enlever complètement les résidus de pesticides des fruits et légumes. Éliminer les germes (Nano-silver/Ozone). Laver et stériliser de la vaisselle.
	Pain "Tip-Top Up" contenant de l'oméga 3 ⁹	- Les nanocapsules contiennent de l'huile de thon. - Les nanocapsules se dissolvent seulement dans l'estomac.
	Nanoceuticals™ Slim Shake Chocolate	Slim Shake est un substitut de repas. Il contient des vitamines, des minéraux et des fibres dans un mélange de chocolat ou de vanille. Les effets naturels bénéfiques pour la santé du cacao sont combinés à la technologie des RBC's NanoCluster™ pour permettre une meilleure saveur sans avoir besoin d'un excès de sucre. Teneur élevée en protéine, faible en gras et en calories.

Nanoengrais commercialisés

En dépit de la jeunesse du domaine des nano-engrais, des produits sur le marché allèguent contenir une certaine forme de nano-technologie dans leur formulation (Agri-Nano (NanoGreen ou 1:500 Immunity), Geohumus, Nano-5, Nanogarden, nanogro, etc.). Une analyse est en cours à savoir si ces nanoengrais sont commercialisés au Canada.

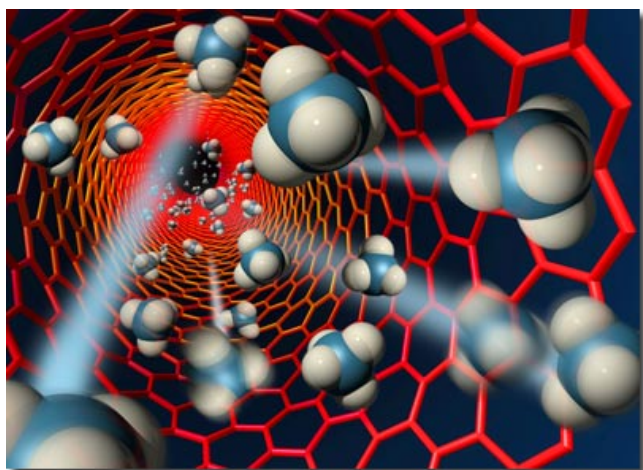


Mandat du MAPAQ à la Commission de l'éthique de la science et de la technologie (CEST)

En juin 2009, le MAPAQ a mandaté la CEST pour réaliser un supplément à son avis de 2006 sur l'utilisation des nanotechnologies en agroalimentaire.

Le MAPAQ a interpellé la commission sur les points suivants :

- L'utilisation des nanotechnologies en agroalimentaire implique l'entrée de nouvelles substances de très petite taille dans la chaîne alimentaire humaine et animale.
- La taille des particules nanométriques, les propriétés nouvelles qu'acquiert la matière à cette échelle et leurs impacts potentiels.
- Le besoin de recherches pour bien circonscrire les paramètres entourant l'utilisation des nanoparticules (taux de pénétration important des nanoparticules à travers les tissus humains et animaux, interactions, toxicité et la stabilité des nanomatériaux dans l'alimentation humaine et animale).
- L'éventail d'applications potentielles des nanotechnologies dans le domaine agroalimentaire (allant des emballages alimentaires, des biopesticides à action contrôlée jusqu'à la modification des composantes des aliments).
- 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.
- Les questions sociales et éthiques qui se poseront si le rapport que les gens ont avec la nourriture est modifié.
- Les réglementations actuelles ne sont pas conçues nécessairement pour l'arrivée des nanotechnologies en agroalimentaire.
- Les enjeux de l'utilisation de la nanobiotechnologie en agriculture (usage vétérinaire, diagnostics, nanoencapsulation de pesticides, biopuces, etc.).



La CEST a créé un comité de travail multidisciplinaire de 14 personnes. Les travaux du comité ont débuté à la fin de janvier 2010. Le rapport final devrait être publié à l'automne 2011.

Références

1. Chaudry Q., et al. 2010. *Nanotechnologies in Food*. RSC Publishing, 229 pages.
2. Helmut Kaiser, Consultancy. 2010. *NanoFood 2040*. <http://www.hkc22.com/nanofood2040.html>.
3. Study: Nanobased Products Inventory 2009 and Commercialization. Helmut Kaiser Consultancy. <http://www.hkc22.com/nanobasedproducts.html>.
4. Study: Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide 2008-2010-2015 Helmut Kaiser Consultancy. <http://www.hkc22.com/Nanofood.html>.
5. Future active & Intelligent Packaging in Food and Drinks. *Business Insight Report*. 2010. p. 139.
6. Aliments Kraft.
7. Ostiguy, C., et al. (2006). Les nanoparticules : Connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en santé et sécurité du travail. Rapport de l'IRSST. #R-455. 90 pages.
8. PEN Consumer Products Inventory: www.nanotechproject.org/inventories/consumer.
9. Boulangerie Tip Top, Australie

Ce bulletin est destiné aux membres de la cellule de veille Nano et ne peut être diffusé sans l'autorisation préalable des responsables.

MAPAQ

Pour de plus amples renseignements sur le contenu de ce bulletin ou pour transmettre des informations et/ou des commentaires, vous pouvez vous adresser à :

Madame France Brunelle, biochimiste Ph. D.
Conseillère scientifique experte en biotechnologie
Direction de l'appui à la recherche et à l'innovation
200, chemin Sainte-Foy, 10^e étage
Québec (Québec) G1R 4X6

Téléphone : 418 380-2100, poste 3196
Télécopieur : 418 380-2162
Courriel : france.brunelle@mapaq.gouv.qc.ca

*Soyez des nôtres
à la prochaine*
Cellule de veille Nan 