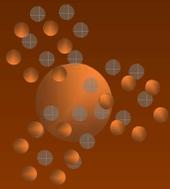


Les nanotechnologies dans le bioalimentaire

Veille technique et scientifique

Décembre 2015
Bulletin n° 16



Page 1 | Nanovésicules de bactériocines contre la bactérie *Listeria* dans le lait de chèvre

Page 1 | Nouveau modèle pour prédire l'impact environnemental des nanomatériaux

Page 2 | Irlande : sensibilisation et attitudes à l'égard de l'utilisation de la nanotechnologie dans le secteur agro-alimentaire

Page 3 | Devenir des nanomatériaux manufacturés dans les stations d'épuration et l'épandage agricole

Page 4 | Biosenseur électrochimique pour vérifier la fraîcheur du poisson

Page 4 | Détection en temps réel des pathogènes grâce à la nanotechnologie

Page 5 | États-Unis : Le NNCI, *National Nanotechnology Coordinated Infrastructure*, succède au NNIN

Page 6 | NANO-FLASH!

Nanovésicules de bactériocines contre la bactérie *Listeria* dans le lait de chèvre

Lactobacillus sakei subsp. *sakei* 2A est une bactérie lactique bactériocinogène, isolée à partir d'un produit de viande brésilienne, capable d'inhiber *Listeria monocytogenes* *in vitro* et dans les aliments. Dans cette étude de chercheurs brésiliens, les bactériocines produites par cette souche de bactérie ont été encapsulées dans des liposomes. Les nanovésicules d'un diamètre entre 81,49 et 91,19 nm ont été caractérisées et évaluées pour leur activité contre *Listeria monocytogenes* *in vitro* et dans le lait de chèvre UHT contaminé expérimentalement.

Les nanovésicules contenant les bactériocines ont présenté une excellente stabilité et ont maintenu les mêmes caractéristiques physico-chimiques pendant plus de 28 jours. Les bactériocines libres et encapsulées ont contrôlé pendant au moins 8 h la croissance de *L. monocytogenes* dans un milieu de croissance et dans le lait de chèvre stocké à 30°C. Au bout de 24 h, dans le milieu de culture, les bactériocines encapsulées étaient plus efficaces que les bactériocines libres.

Dans l'ensemble, les nanovésicules ont favorisé la stabilité des bactériocines autant dans le milieu de culture que dans le lait de chèvre mais les auteurs estiment que

d'autres études sont nécessaires pour approfondir leurs analyses.

Pour plus de renseignements : MALHEIROS P.S., et al. (2015), *Inhibition of Listeria monocytogenes in vitro and in goat milk by liposomal nanovesicles containing bacteriocins produced by Lactobacillus sakei subsp. sakei 2a*, Food Control, doi: 10.1016/j.foodcont.2015.11.037.

Nouveau modèle pour prédire l'impact environnemental des nanomatériaux

Les nanomatériaux manufacturés (*Engineered nanomaterials- ENM*) sont souvent constitués de matériaux familiers tels que l'argent et le dioxyde de titane. La petite taille des ENM, leurs formes variées, leurs revêtements et leurs fonctionnalités de surface différentes peuvent augmenter leur toxicité par rapport à la forme ionique ou macro du même produit. L'impact environnemental des ENM fait toujours l'objet de recherches intensives à travers le monde.

Une équipe de chercheurs de l'université de Californie a développé un nouveau modèle de distribution de la sensibilité des espèces (*Species sensitivity distributions (SSDs)*) pour estimer les impacts écotoxicologiques des ENM. Un SSD est un modèle de distribution de probabilités cumulatives d'une toxicité chimique mesurée à partir d'essais biologiques sur des individus de diverses espèces (ex. bactéries, mollusques, poissons, oiseaux, etc.).

Avec l'augmentation récente de la disponibilité de données sur la toxicité des ENM, les chercheurs ont été en mesure de concevoir les premiers SSD pour 10 nanomatériaux (ex. le nano-oxyde d'aluminium, les nanotubes de carbone (NTC), le nano-cuivre et le nano-oxyde de cuivre).

Les résultats indiquent que la taille, la formulation, le niveau de solubilité et la présence d'un revêtement peuvent modifier la toxicité. Peu de différences statistiques ont été observées entre les SSD d'un ENM et son homologue ionique. L'incertitude dans les valeurs de SSD peut être réduite par une plus grande considération des caractéristiques de l'ENM et en tenant compte des transformations physico-chimiques possibles dans l'environnement.

Pour plus de détails sur cette étude :

GARNER, K. L., et al. (2015). *Species Sensitivity Distributions for Engineered Nanomaterials*. *Environmental Science & Technology*. 49: 5753–5759. DOI: 10.1021/acs.est.5b00081

Collecting data to explore the ecological threat of nanomaterials. "Science for Environment Policy", 1 October 2015, Issue 429. European Commission DG Environment News Alert Service, edited by SCU, The University of the West of England, Bristol. En ligne : http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/collecting_the_data_to_explore_ecological_threat_of_nanomaterials_429na2_en.pdf

Irlande : sensibilisation et attitudes à l'égard de l'utilisation de la nanotechnologie dans le secteur agro-alimentaire

La nanotechnologie promet des applications dans tous les domaines de l'agroalimentaire, y compris l'agriculture, l'aquaculture, la production, la transformation, l'emballage, la sécurité et la nutrition. La littérature scientifique indique toutefois certaines incertitudes sur les aspects de sécurité alimentaire lors de l'utilisation de

nanomatériaux en raison de risques potentiels pour la santé humaine ou animale.

Une équipe de chercheurs a interrogé les organisations agroalimentaires sur l'île d'Irlande (IOI) en ce qui concerne l'utilisation des nanotechnologies. Une centaine d'intervenants du secteur agroalimentaire ont été interrogés ou ont répondu à un questionnaire en ligne. Les résultats indiquent que la prise de conscience actuelle sur l'utilisation des nanotechnologies dans le secteur agroalimentaire sur l'IOI est faible et que les répondants ne sont ni positifs ni négatifs à l'égard de telles applications. Des aliments plus sains, la réduction des déchets et l'augmentation de la conservation du produit ont été considérés comme les applications ayant les avantages les plus importants pour l'industrie agroalimentaire. La connaissance d'exemples concrets est toutefois limitée. Des opportunités ont été identifiées dans les techniques d'agriculture de précision, les emballages innovants, les ingrédients fonctionnels, la transformation des équipements, et les tests d'innocuité. Les intervenants ont mentionné que les impacts potentiels sur la santé humaine encore parfois inconnus pourraient être un frein important à l'adoption de la nanotechnologie.

Les impacts environnementaux, l'acceptation des consommateurs et la couverture médiatique seront aussi des éléments à considérer. Les pistes de travaux pour les prochaines années identifiées comme prioritaires sont :

- la nécessité d'établir un cadre d'évaluation des risques;
- de réaliser des travaux de recherche sur les effets à long terme sur la santé et l'environnement;

- de sensibiliser les acteurs-clés (scientifiques, organismes gouvernementaux, industrie agro-alimentaire et le public) pour un meilleur engagement et une concertation.

Pour plus de détails sur cette enquête :

HANDFORD, C.E., et al. (2015). *Awareness and attitudes towards the emerging use of nanotechnology in the agri-food sector*. *Food Control* 57 : 24-34.
doi:10.1016/j.foodcont.2015.03.033

Devenir des nanomatériaux manufacturés dans les stations d'épuration et l'épandage agricole

C'est le titre d'un rapport publié en novembre dernier par le *Groupe de travail sur la productivité des ressources et les déchets* de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE)¹. Ce document étudie l'état actuel des connaissances sur les nanomatériaux manufacturés (NMM) et leur comportement lors des processus de traitement des eaux usées de façon à identifier les éventuels déficits de connaissances et les recherches complémentaires à mener. Le groupe de travail s'est penché sur les impacts possibles de NMM accumulés dans les boues d'épuration destinées à l'épandage agricole.

L'immense majorité des NMM après les traitements d'épuration va se retrouver dans les boues séchées et compostées. Ce sont ces phases solides qui vont, dans certains cas, être utilisées en agriculture comme fertilisant.

On note dans le rapport qu'il y a peu de travaux sur les risques de dispersion des NMM lors de l'utilisation de boues d'épuration en épandage agricole. Les études sur ce sujet sont soit des données issues de modèles de transfert vers les eaux de surface, soit des études en laboratoires relatives aux effets sur des plantes ou des organismes terrestres comme les vers ou les bactéries de la rhizosphère.

Deux projets en cours pourraient apporter un éclairage sur ce point :

- Le projet TINE (*Transatlantic Initiative for Nanotechnology and the Environment*)² financé par l'Agence de protection environnementale des États-Unis et des collaborateurs européens, vise à évaluer les effets des NMM dans les boues d'épuration urbaine, sur les organismes et plantes terrestres.
- Un projet du Groupement de Recherche international (GdRi) iCEINT (international Consortium for the Environmental Implication of Nanotechnology) [France/États-Unis] vise à évaluer les effets et le transfert de nanomatériaux présents au sein de boues de station d'épuration en prenant en compte entre autres la phytodisponibilité vis-à-vis des plantes destinées à l'alimentation humaine et les effets directs et indirects de l'épandage vis-à-vis des communautés bactériennes de la rhizosphère.

Parmi les pistes de recherche à développer, le rapport indique de mettre au point un test similaire au RHIZotest³ pour déterminer la biodisponibilité des NMM et évaluer leurs effets lors de l'épandage des boues d'épuration en agriculture. L'utilisation de nanomatériaux marqués isotopiquement serait d'une grande utilité pour suivre le transfert. Les travaux devront être réalisés avec des concentrations en NMM « réalistes » et avec des échantillons de sols dont la texture et la nature des composants sont très bien connues. Le rapport indique également que dans toutes ces approches, l'aspect interdisciplinaire est absolument nécessaire.

Référence et notes :

¹ OCDE- Direction de l'environnement (2015). Groupe de travail sur la productivité des ressources et les déchets. « Devenir des nanomatériaux manufacturés dans les stations d'épuration et l'épandage agricole ». ENV/EPOC/WPRPW(2013)4/Final. En ligne : [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC/WPRPW\(2013\)4/FINAL&docLanguage=Fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC/WPRPW(2013)4/FINAL&docLanguage=Fr)

² United States Environmental Protection Agency (EPA). Transatlantic Initiative for Nanotechnology and the Environment. EPA Grant Number: R834574. En ligne: <http://cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/9145/report/0>

³ INRA-CIRAD. Le RHIZOtest. En ligne: <http://rhizotest.cirad.fr/le-rhizotest>

Le RHIZOtest est un test biologique basé sur la culture de végétaux sur des sols en milieu contrôlé. Il a été développé pour évaluer le transfert des éléments traces du sol à la plante (phytodisponibilité). Il peut permettre par exemple d'évaluer les risques de transfert des métaux vers les plantes.

Biosenseur électrochimique pour vérifier la fraîcheur du poisson

Lors de la dégradation naturelle du poisson, plusieurs composés volatils peuvent être produits, dont l'hypoxanthine. La détection de la quantité de molécules de xanthine peut donc servir comme indicateur de la détérioration de la viande. Des chercheurs d'un regroupement d'universités en Turquie ont développé un nouveau procédé d'analyse basé sur un biocapteur de xanthine avec des nanocomposantes. Le biocapteur a été réalisé par la préparation d'un film de nanocomposantes qui intègre l'oxyde réduit de graphène (REGO), des nanoparticules d'oxyde de fer (Fe_3O_4) et l'enzyme xanthine oxydase.

Les conditions bioanalytiques expérimentales optimales telles que le temps de réponse, le fonctionnement et la stabilité de stockage, le pH et la température de travail ont été étudiés. Le film de nanocomposantes REGO- Fe_3O_4 s'est avéré sensible avec une limite de détection de $0,17 \mu\text{M}$. Il a été évalué avec de vrais échantillons de poissons vieillissants entre 0 et 20 jours. Le biocapteur développé a été jugé applicable sur des échantillons réels comme une technique très fiable de contrôle de la fraîcheur du poisson.

Pour les détails sur le biosenseur :

DERVISEVIC, M., et al. (2015). *Electrochemical biosensor based on REGO/ Fe_3O_4 bionanocomposite interface for xanthine detection in fish sample.* *Food control* 57 :402-410. doi:10.1016/j.foodcont.2015.05.001

Détection en temps réel des pathogènes grâce à la nanotechnologie

Des chercheurs de deux laboratoires américains présentent dans *l'International Journal of Food Microbiology* une nouvelle approche pour la détection en temps réel et l'identification de pathogènes dans les aliments et les échantillons environnementaux. Des nanoparticules d'or SERS (*Surface Enhanced Raman Scattering*) de 60 nm sont combinées à un réactif d'immunoessai (anticorps anti-bactérie) pour permettre la détection précise des agents pathogènes dans des échantillons complexes tels que la nourriture sans la nécessité d'étapes de lavage ou une préparation de l'échantillon.

Les réactifs SERS-marqués sont présents dans le récipient de culture d'enrichissement et le signal est surveillé en temps réel à travers la paroi de la cuve tandis que la réaction est en cours. Cette surveillance continue de la charge pathogène tout au long du processus d'enrichissement permet une détection rapide mais également un bioconfinement.

Les résultats expérimentaux présentés montrent la possibilité de détecter *Escherichia coli*, *Salmonella* ou *Listeria* dans plusieurs matrices (bœuf cru haché, la volaille hachée crue, le lait au chocolat, salade de thon, épinards, fromage brie, hot-dogs, charcuterie, jus d'orange, etc.) avec la méthode SERS dont l'exactitude se compare aux approches standards de microbiologie (ex. cultures en pétri).

Référence :

WEIDEMAIER, K., et al. (2015). *Real-time pathogen monitoring during enrichment: a novel nanotechnology-based approach to food safety testing*. *International Journal of Food Microbiology* 198 :19-27.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.018>

États-Unis : Le NNCI, National Nanotechnology Coordinated Infrastructure, succède au NNIN

Au cours des 10 dernières années (2004-2015), la *National Science Foundation* (NSF) a financé un réseau national de plateformes mutualisées d'équipements lourds dans le domaine de la nanotechnologie via le programme *National Nanotechnology Infrastructure Network* (NNIN). Le NNIN a contribué à l'innovation, à l'éducation et au commerce en fournissant un accès libre à ces centres nanotechnologiques aux chercheurs venant à la fois des milieux universitaires, des petites et grandes entreprises, et du gouvernement. Ces installations de pointe comprenaient des outils de nanofabrication et de nanocaractérisation de premier plan et la mise à disposition d'experts dans toutes les disciplines de la science à l'échelle nanométrique. Le *National Nanotechnology Coordinated Infrastructure* (NNCI) succède au NNIN. Le NNCI repose sur les mêmes bases que le NNIN à la différence près que toutes les universités américaines ont été mises en concurrence pour appartenir à ce réseau. Depuis septembre dernier, la NSF a terminé la sélection des meilleures universités pour former ce nouveau réseau. Parmi les 50 propositions reçues, 16 centres régionaux ont été choisis. Le NNCI sera composé en tout de 22 laboratoires et partenaires éducatifs. Un bureau de coordination sera sélectionné parmi les 16 sites choisis en mars 2016. Il mettra en place un site internet permanent dédié au NNCI, établira le programme de l'ensemble du réseau et en assurera la promotion et la coordination. Une fois le centre de coordination du réseau établi, et le site

Web entièrement fonctionnel, les utilisateurs potentiels pourront parcourir et rechercher les outils les plus adaptés à leurs recherches à travers tout le spectre des capacités du NNCI. La NSF financera un total de 81 millions \$US sur cinq ans pour appuyer les 16 sites dans le cadre du programme NNCI, soit environ 16 millions \$US par an.

Le NNCI aura une approche globale de la nanotechnologie. L'ensemble des sites du NNCI représente un large éventail de capacités et d'expertises à travers plusieurs dispositifs et systèmes (électroniques, photoniques, micromécaniques, microfluidiques), en nanomatériaux mous et durs, et dans une large gamme de technologies de nanocaractérisation. Certains de ces sites appliquent la nanotechnologie à une variété de domaines « non traditionnels » comme les sciences de la vie et de la terre. La promotion de la nanotechnologie au sein de ces domaines « non traditionnels » est un des principaux objectifs du NNCI.

Extrait du Bulletin de veille Science, Technologie et Innovation publié le 11 décembre 2015. Mission pour la Science et la Technologie de l'Ambassade de France aux États-Unis. En ligne : http://www.france-science.org/NNCI-National-Nanotechnology.html?mc_cid=971ab0228e&mc_eid=68a67224675

NANO-FLASH !

Stabilisation d'un peptide alimentaire antimicrobien, la pleurocidine, grâce à des nanofibres de poly (alcool vinylique). Augmentation de son efficacité contre *Escherichia coli* O157 :H7.
Wang, X., et al. (2015). Food Control 54 :150-157

Meilleure conservation du melon miel coupé. Un mélange de chitosane et de chlorure de calcium dans les emballages stabilise les nanostructures naturelles de la pectine du melon miel.
Chong, J.X., et al. (2015). Food Control 53 :195-205

Plusieurs pays examinent la pertinence d'ajuster leur réglementation pour l'utilisation des nanotechnologies dans les secteurs de l'agriculture, l'alimentation humaine et animale. Un récent numéro du journal *Regulatory Toxicology and Pharmacology* fait une analyse des mesures réglementaires en Union européenne.
AMENTA, V., et al. (2015). Reg. Tox. Phar. 73 :463-476

Du 18 au 21 octobre dernier se tenait pour la 1^{re} fois au Canada (à Montréal), une conférence internationale de la *Société pour l'étude des nanosciences et des technologies émergentes* (S.NET). La SNET 2015 : « Des nanotechnologies aux technologies émergentes, vers une responsabilité globale ». Une centaine de participants ont exploré les enjeux de l'utilisation entre autres des nanotechnologies dont i) la représentation scientifique et sociale des technologies émergentes dans la perspective du développement durable ii) la recherche et l'innovation responsable dans un contexte global iii) les technologies émergentes dans le secteur de l'énergie et de l'agroalimentaire iv) la gestion des risques et v) l'économie, la politique et l'éthique de l'innovation.

<http://www.ne3ls.ca/nanoconference2015/home/?lang=fr>

Note : une base de données sur le nouveau sujet d'actualité des nanotechnologies dans le bioalimentaire est en élaboration. Vous pouvez communiquer avec la responsable de cette cellule de veille pour obtenir des documents ou en fournir des nouveaux. Si vous avez des sujets que vous souhaitez voir traiter dans ce bulletin de veille, veuillez communiquer avec la responsable aux coordonnées ci-dessous.

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 ou des commentaires, vous pouvez vous adresser à :

Madame France Brunelle, biochimiste Ph. D.
Conseillère scientifique expert 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
Télécopie : 418 380-2162
Messagerie : france.brunelle@mapaq.gouv.qc.ca

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