

## **DÉVELOPPEMENT D'UN EMBALAGE INTELLIGENT INTÉGRANT LA NANOTECHNOLOGIE POUR LA DÉTECTION DE PATHOGÈNES**

Nicoleta Bogdan, Mohamed Laakel, Bruno Ponsard et John Capobianco

**No de projet :** 811115

**Durée :** 02/2012 – 10/2015

### **FAITS SAILLANTS**

Dans ce projet d'élaboration d'une méthode de détection rapide et sensible des pathogènes (bactérie *Listeria*) dans des emballages alimentaires, nous démontrons que la fonctionnalisation de la surface de nanoparticules luminescentes avec des biomolécules, l'anticorps anti-*Listeria*, permet de générer des nouveaux biocapteurs sensibles et biocompatibles avec les emballages alimentaires. Les propriétés de luminescence exceptionnelles des nanoparticules après l'incorporation dans les films polymères (alginate et chitosane) ont été utilisées afin de détecter sélectivement la bactérie *Listeria* par des interactions anticorps-antigène après une excitation dans le proche infrarouge à 980 nm. L'efficacité des films a été testée par des méthodes de microscopies et spectroscopies de luminescence. Les résultats montrent :

- 1) une bonne fonctionnalisation des nanoparticules luminescentes avec l'anticorps anti-*Listeria*.
- 2) une bonne spécificité des interactions des nanoparticules luminescentes fonctionnalisées avec l'anticorps anti-*Listeria* avec la bactérie *Listeria*.
- 3) une excellente incorporation des nanoparticules modifiées avec anti-*Listeria* à la surface des films chitosane.
- 4) une très bonne sélectivité d'interaction entre le film chitosane modifié avec anti-*Listeria* et la bactérie *Listeria*.
- 5) une grande concentration des bactéries *Listeria* détectées à la surface des films de chitosane.
- 6) une augmentation d'émission (40 %) dans la région spectrale du vert (à 550 nm) comparée à l'émission dans le rouge à 650 nm.

Le développement de ce nouvel emballage intelligent permettra de signaler la présence des bactéries par un changement d'émission après l'excitation en IR à 980 nm.

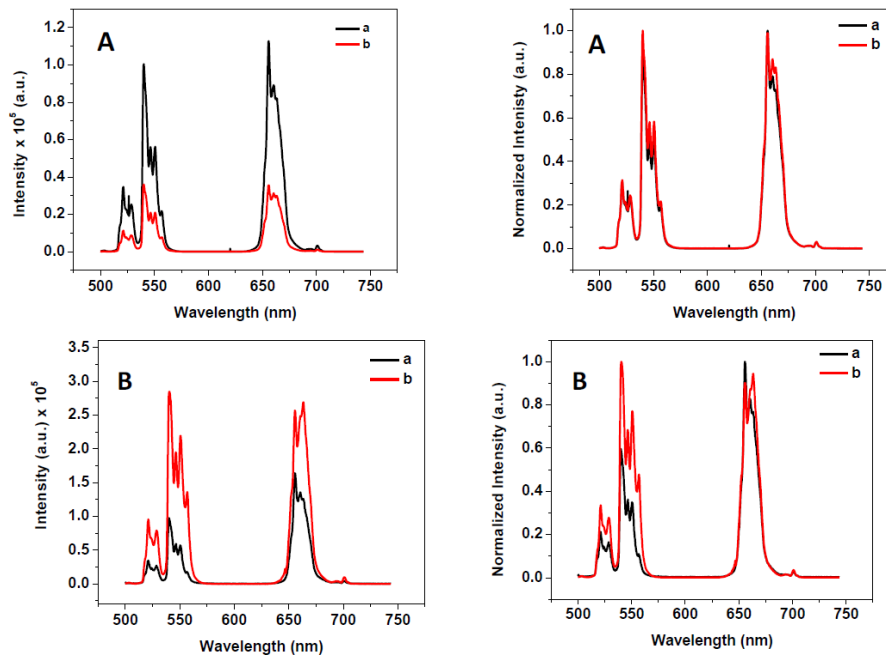
### **OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE**

L'objectif principal de ce projet est de développer de nouvelles sondes luminescentes à base de nanoparticules biocompatibles avec des propriétés de luminescence remarquables pour des applications dans des emballages intelligents. Plusieurs étapes ont été élaborées :

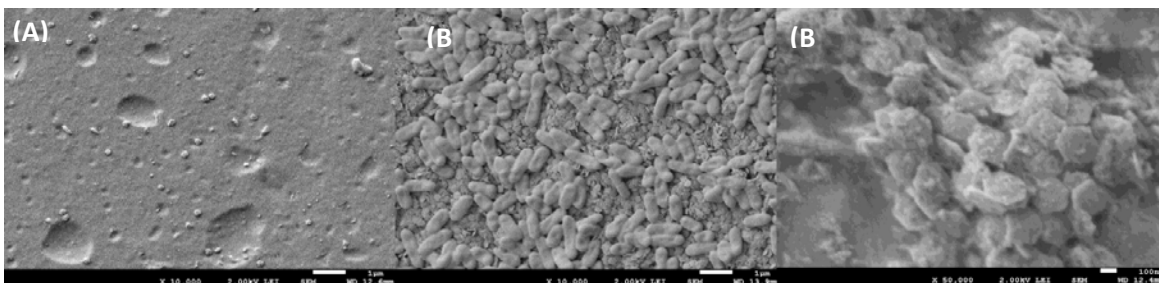
- 1) La synthèse et la caractérisation des nanoparticules de lanthanides ( $\text{NaGdF}_4$ :  $\text{Er}^{3+}$  /  $\text{Yb}^{3+}$ ) stabilisées avec l'acide oléique par la méthode de décomposition thermique.
- 2) Fonctionnalisation de la surface de nanoparticules de lanthanides avec l'acide citrique et l'anticorps anti-*Listeria*.
- 3) Incorporation des nanoparticules luminescentes dans les films polymères (alginate et chitosane).
- 4) Détection de la bactérie *Listeria monocytogenes* par la spectroscopie de luminescence et la microscopie électronique à balayage (MEB).

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE OU LA DISCIPLINE

Dans cette section, les propriétés de luminescence des nanoparticules modifiées avec anti-Listeria incorporées dans les films : 1) alginate et 2) chitosane ont été étudiées par la spectroscopie de luminescence. Les résultats obtenus et présentés dans la figure 1 montrent clairement que plus il y a présence à la surface du film de l'anticorps, anti-Listeria marqué, plus l'intensité de luminescence augmente en présence de la bactérie ciblée. Ainsi, l'intensité d'émission à 550 nm obtenue en présence de la bactérie *Listeria* (couleur rouge) dans le cas du film de chitosane (figure 1B, b) est pratiquement 8 fois plus élevée que celle retrouvée dans le film d'alginate (Fig. 1A, b). De plus, il est possible de voir que dans le cas du film de chitosane en présence de la bactérie *Listeria* (figure 1B, b) après normalisation à 650 nm (dans le rouge), il y a 40 % d'augmentation de l'émission dans le vert à 550 nm, comparé à l'émission à 550 nm pour le film chitosane sans la bactérie *Listeria*. Ces résultats confirment ceux obtenus lors de l'étude par l'analyse par MEB qui a montré une bonne incorporation des nanoparticules modifiées avec l'anticorps anti-Listeria dans le film chitosane et une détection sélective de la bactérie *Listeria*. Le nombre de bactéries fixées sur le film est énorme et supérieur à celui obtenu dans les autres films (alginate). Ces résultats confirment l'efficacité et la sélectivité des films chitosane modifiés avec des nanoparticules luminescentes marquées avec l'anticorps pour la détection de la bactérie *Listeria*.



**Figure 1 :** Luminescence de nanoparticules NaGdF4:Er/Yb@CA@anti-Listeria incorporées dans les films : (A) alginate et (B) chitosane en absence (a) et en présence (b) de la bactérie *Listeria*.



**Figure 2 :** Microscopie électronique à balayage (MEB) pour étudier l'interaction entre le film chitosane et la bactérie *Listeria* (A) et le film chitosane modifié avec GdF4:Er/Yb@CA@anti-Listeria et la bactérie *Listeria* (B).

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER**

Ce projet permet d'avoir une preuve de concept et d'entrevoir des possibilités futures de développement et de transfert de technologie pour des films d'emballages spéciaux. Les emballages actifs et/ou intelligents sont parmi les développements les plus significatifs à venir au cours des prochaines années dans le secteur des emballages. Le marché global représentera environ 17 milliards de dollars (US) d'ici 2016 pour aller jusqu'à 60 milliards de dollars (US) en 2021 (selon Visiongain). Le marché le plus important au niveau mondial est les États-Unis, le partenaire commercial le plus important du Canada.

Le projet fera l'objet d'échanges avec des entreprises ayant un intérêt pour leurs produits alimentaires (ex : secteur des viandes), mais aussi avec des fabricants d'emballage pour permettre de passer à l'étape suivante, soit le développement et le transfert de la technologie en vue des essais pilotes. Cette continuité pourra faire l'objet de financement auprès d'organismes pouvant aider les entreprises (ex : consortium de recherche, etc.).

Enfin, l'ITEGA est impliqué dans le comité aviseur de l'AIPIA (Active and Intelligent Packaging Industry Association) dont le prochain congrès aura lieu au Pays-Bas du 18 au 19 novembre 2015. Des échanges auront lieu au sujet de ce type de technologie afin de sonder l'intérêt de différents marchés. Ces informations pourraient être fort utiles pour intéresser des entreprises québécoises dans le développement à venir de la technologie.

## **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Responsable du projet : D<sup>r</sup> John Capobianco

Téléphone : 514 848-2424, poste 3350

Télécopieur : 514 848-2868

Courriel : [john.capobianco@concordia.ca](mailto:john.capobianco@concordia.ca)

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, et Agriculture et Agroalimentaire Canada.