

## Detection of biocides by sol-gel encapsulated electrochemical acetylcholinesterase biosensors for establishing self-monitoring in dairy industries

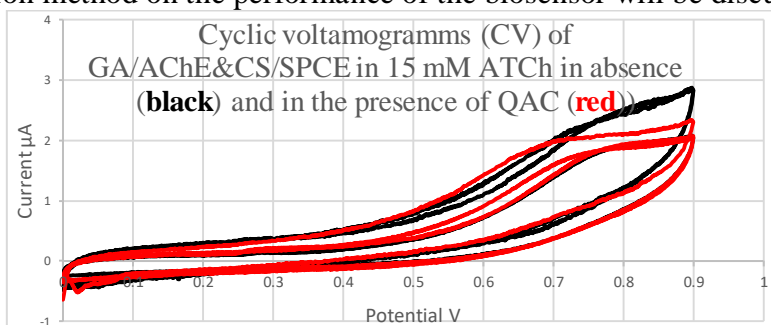
Y. Ali<sup>1,2</sup>, P. Mailley<sup>2</sup>, C. Soumet<sup>2</sup>, M. Laurentie<sup>2</sup>, P. Mailley<sup>2</sup>, V. Gaudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CNIEL : Centre national et interprofessionnel de l'économie laitière, 42 rue Châteaudun, 75009 Paris, France

<sup>2</sup>ANSES : French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, 10 Bis rue Claude Bourgelat, 35133 Javené, France

<sup>3</sup>Departement of Microtechnologies for Health and Biology , Directorate of CEA Technological Research Division, 17 avenue de Martyrs 38054 Grenoble, France  
Email / Courriel de l'auteur présentant: [youssef.ali.ext@anses.fr](mailto:youssef.ali.ext@anses.fr)

The agro-food industries use biocides disinfectants, especially quaternary ammonium compounds (QACs) to limit microbiological contamination of surfaces in contact with food products. Then QACs residues could be transferred into foods, causing human health risks. The contamination of dairy products by high QACs concentrations which do not comply with European regulations (MRL 0,1 mg/kg) was demonstrated [1, 2]. The major issue is that methods currently used for self-monitoring are not sensitive enough [3]. The Sensomilk project aims to develop a sensitive, rapid and simple method that allows for continuous monitoring in real time. An electrochemical enzymatic biosensor based on the inhibition of acetylcholinesterase (AChE) enzymes is being developed [4]. One of the major challenges was the immobilization of the enzymes while maintaining their activity. The first biosensor was formed by the entrapment of AChE into a natural polymer chitosan (CS), followed by cross-linking with glutaraldehyde (GA) onto Screen Printed Carbon Electrodes (SPCE). The inhibition of AChE activity by QACs was demonstrated (Figure). Then, AChE was encapsulated in a sol-gel film (ie. tetraethylorthosilicate (TEOS)) deposited onto the SPCE. The influence of the immobilization method on the performance of the biosensor will be discussed.



### References

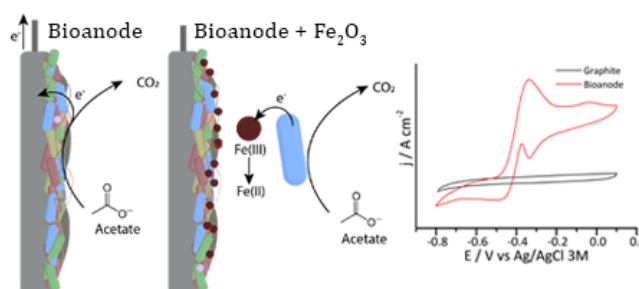
- (1) Regulation (UE) n°1119/2014. *Official Journal*, **2014**. L 304 p. 43–74.
- (2) EFSA, *Evaluation of monitoring data on residues of didecyldimethylammonium chloride (DDAC) and benzalkonium chloride (BAC)* EFSA Supporting Publications **2013**, p. 483E.
- (3) Soumet, C.; Gaudin, V.; Hurtaud-Pessel, D. *Quelles méthodes pour détecter des résidus de biocides désinfectants? Industries Alimentaires et Agricoles* **2021**. 72(03/04): p. 44-47.
- (4) Gaudin, V.; Soumet, C. *Development of Enzymatic Biosensors to Detect Biocide Disinfectants to Strengthen Self-Monitoring in Industry Engineering Proceedings* **2021**. 6(1): p. 36.

## Modulation of Electroactive Anodic Biofilm Performance in Microbial Fuel Cells Developed from Iron-Rich Sediment Inoculum

James A. Behan,<sup>a</sup> Fatima-Zahra Ait-Itto, Timothé Philippon, Alicia Monfort, Frédéric Barrière<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Université de Rennes, CNRS, Institut des Sciences Chimiques de Rennes, UMR 6226, Rennes, France

[james.behan@univ-rennes.fr](mailto:james.behan@univ-rennes.fr)



Electroactive anodic biofilms are known for their capacity to couple the biocatalysed oxidation of organic matter to green electricity production in microbial fuel cells. The bacteria responsible for this exo-electrogenic behaviour, such as those of the *Geobacter* genus, developed this capacity in anaerobic environments such as soils and sediments rich in metal oxides of iron and manganese which served as extracellular solid electron acceptors. The interplay between biofilm formation, iron(III) reduction in the Fe cycle and organic matter oxidation is therefore crucial for practical microbial fuel cell development, as bioanodes are often developed starting from inoculum with a high abundance of iron oxides which may serve as alternative electron acceptors to the anode. In this work we present a fundamental assessment of the role of iron(III) oxides in modulating the charge transfer properties of organic matter-oxidising bioanodes developed using varying communities of electroactive bacteria. We show that current output in a practical microbial fuel cell pilot can be reversibly inhibited by the introduction of synthetic iron oxide into physical contact with the developed bioanode. A previously unknown species of *Pelobacter* is shown to be responsible for the observed exo-electrogenic behaviour across multiple fuel cell pilots. Using a variety of iron-rich paleomarine sediments as the inoculum we also demonstrate the development of natural communities of exo-electrogens from genera including *Geovibrio* and *Geobacter*. Community analysis by 16S rRNA sequencing is used to correlate bioanode catalytic performance and iron sediment transformation to the biofilm composition, with implications for practical biofuel cell development and iron cycling in natural soil environments.

### References

- (1) Philippon, T.; Ait-Itto, F.-Z.; Monfort, A.; Barrière, F.; Behan, J. A. Fe(III) Oxide. *Bioelectrochemistry* **2023**, *151*, 108394. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108394>.
- (2) Ait-Itto, F.-Z.; Behan, J. A.; Martinez, M.; Barrière, F. *Bioelectrochemistry* **2024**, *156*, 108618. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108618>.
- (3) Behan, J. A.; Louro, R. O.; Barrière, F. *Encyclopedia of Inorganic and Bioinorganic Chemistry*; John Wiley & Sons, Ltd, 2023; pp 1–13.

## **Etude comparative de la production d'énergie bio-photovoltaïque à partir d'une bio-pile photosynthétique dans différentes conditions d'éclairage.**

Bachir Nadir BEENKHAOUULA <sup>1, \*</sup>, Mostefa KAMECHE <sup>1</sup>, Christophe INNOCENT <sup>2</sup>,  
Abdelkader BENDERRAG <sup>1</sup>, Aghilas BRAHMI <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> *Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement (LPCM-CE) (1), USTO-MB, Oran, Algérie*

<sup>2</sup> *Institut Européen des Membranes (IEM) (2), Université de Montpellier, France.*

<sup>3</sup> *Laboratoire des Matériaux et Développement Durable (LMDD) (3), Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Université A.M.O, Bouira, 10000, Algérie*

\* Auteur de correspondance : bachir.nadir.benkhaoula@gmail.com

**Résumé :** Dans un contexte environnemental changeant, et face à l'augmentation des températures liée aux gaz à effet de serre, les énergies renouvelables devront remplacer les énergies fossiles polluantes. L'utilisation de l'énergie solaire en particulier, via le bio-photovoltaïque se base sur le phénomène naturel de la photosynthèse. Les bio-piles, déjà connues pour leur capacité à produire de l'électricité grâce à la catalyse microbienne, peuvent être appliquées en synergie avec des plantes. Les interactions entre le microbiote du sol et la plante restent encore mal connues. Dans ce travail, la production d'énergie bio-photovoltaïque à partir d'une bio-pile photosynthétique dans différentes conditions d'éclairage a été étudiée. Les résultats obtenus montrent un effet de l'éclairage sur la production d'énergie de la bio-pile photosynthétique de la plante d'araignée (chlorophytum). Les types d'éclairage et les conditions (éclairage simulant la lumière solaire, lumière blanche LED, et dans le sombre) ont été étudiés.



Bio-pile photosynthétique avec la plante d'araignée chlorophytum.

## **Performances d'une biopile photosynthétique à base de plante araignée plantée dans un sol.**

Mostefa KAMECHE <sup>a</sup> et Christophe INNOCENT <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed-Boudiaf, Oran, , Algérie*

<sup>b</sup> *Institut Européen des Membranes, Université de Montpellier, Montpellier, France*

[christophe.innocent@umontpellier.fr](mailto:christophe.innocent@umontpellier.fr)

Face à l'impact important de la production d'énergie sur l'environnement notamment par génération de gaz à effet de serre, la recherche de sources alternatives et s'inspirant de la nature présente un intérêt majeur. Parmi ces systèmes alternatifs, les biopiles capables de générer de faible puissance grâce à l'oxydation de matière organique sont des dispositifs suscitant de nombreuses recherches aujourd'hui.

Une biopile est une pile à combustibles dont la catalyse est assurée par des bioéléments ; des enzymes rédox pour les biopiles enzymatiques ou des micro-organismes (bactéries, algues, levures...) pour les biopiles microbiennes. Le couplage de ces dispositifs avec une plante fait l'objet de plusieurs travaux [1,2]. Il s'agit d'utiliser la synergie entre la production d'électricité par voie microbienne et les plantes présentes dans le sol. Ce système bioélectrochimique produit de l'électricité à partir de l'oxydation des composés organiques libérés par les racines au cours de la croissance de la plante et la réduction de l'oxygène du sol. Dans ce travail, nous avons étudié l'influence de la plante sur la performance de la biopile ainsi que les conditions du sol en termes d'hydratation notamment. Des mesures des forces électromotrices des potentiels de Nernst entre la bio-anode et la bio-cathode et le tracé des courbes de puissance ont permis de caractériser les biopiles. Les premiers résultats indiquent une influence positive de la présence de la plante dans le sol sur les caractéristiques électrochimiques de la biopile.

---

1 **Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering** Rachnarin Nitisoravut, Roshan Regmi *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76 (2017) 81–89

2 **An overview on constructed wetland-microbial fuel cell: Greenhouse gases emissions and extracellular electron transfer** Liangjing Zhang, Yunlong Liu, Shucong Lv, Rui Wang, Yu Wang a, Kuixuan Lin, Xiaokun Hu, Yuchen Liu, Zhaojun Dong, Lusan Liu *Journal of Environmental Chemical Engineering* 11 (2023) 109551

Journée d'Electrochimie 2024  
1<sup>er</sup> – 5 Juillet 2024  
Saint-Malo, France

## **Références**

## Structuration avancée de systèmes redox et enzymatiques *via* des origamis d'ADN

Sandy Rizk,<sup>a</sup> Arnaud Chovin,<sup>a</sup> Christophe Demaille,<sup>a</sup>  
Nesrine Aissaoui,<sup>b</sup> Quentin Cece,<sup>b</sup>  
Gaëtan Bellot,<sup>c</sup> Diana Soukarie,<sup>d</sup> Ibon Santiago Gonzalez<sup>d</sup>

<sup>(a)</sup> Université Paris Cité, Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire (LEM), CNRS UMR 7591, Paris

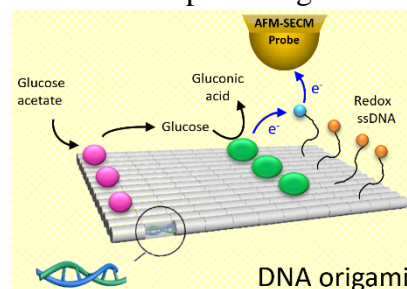
<sup>(b)</sup> Université Paris Cité, Laboratoire CiTCoM, Faculté de Santé, CNRS UMR 8038, Paris

<sup>(c)</sup> Université Montpellier, Centre de Biologie Structurale, CNRS, INSERM, Montpellier, France.

<sup>(d)</sup> CIC nanoGUNE BRTA, Donostia-San Sebastián, Spain

[sandy.rizk@u-paris.fr](mailto:sandy.rizk@u-paris.fr)

Nous présentons les résultats initiaux de nos recherches visant à exploiter les propriétés d'auto-assemblage des nanostructures d'ADN appelées « origami-ADN » afin de concevoir des supports pour la reconstitution de systèmes redox et enzymatiques couplés. La méthode d'assemblage des origamis d'ADN offre la possibilité de programmer des nanostructures tridimensionnelles prédéfinies avec une résolution structurale au nanomètre, [1–3] agissant comme des matrices pour l'organisation précise de médiateurs redox et d'enzymes en des systèmes intégrés. La réponse redox et le fonctionnement catalytique de ces nano-systèmes, immobilisés sur des électrodes d'or, sont étudiés à l'échelle d'ensemble par voltamétrie cyclique, et à l'échelle de l'origami individuel par microscopie électrochimique à force atomique à médiateur lié (Mt/AFM-SECM).<sup>[4,5]</sup> Cette approche inédite contribuera à terme à une meilleure compréhension des performances inégalées des voies biochimiques du vivant, naturellement organisées à l'échelle nanométrique. Elle permettra aussi de définir les règles de conception de systèmes multienzymatiques organisés artificiels à l'activité catalytique optimale.



### References

- [1] N. Aissaoui, J. Lai-Kee-Him, A. Mills, N. Declerck, Z. Morichaud, K. Brodolin, S. Baconnais, E. Le Cam, J. B. Charbonnier, R. Sounier, S. Granier, V. Ropars, P. Bron, G. Bellot, *ACS Nano* **2021**, *15*, 4186.
- [2] A. Mills, N. Aissaoui, D. Maurel, J. Elezgaray, F. Morvan, J. J. Vasseur, E. Margeat, R. B. Quast, J. Lai Kee-Him, N. Saint, C. Benistant, A. Nord, F. Pedaci, G. Bellot, *Nat. Commun.* **2022**, *13*, 3182.
- [3] E. Pensa, Y. Bogawat, F. C. Simmel, I. Santiago, *ChemElectroChem* **2022**, *9*, e202101696.
- [4] A. Anne, A. Chovin, C. Demaille, M. Lafouresse, *Anal. Chem.* **2011**, *83*, 7924.
- [5] T. O. Paiva, A. Schneider, L. Bataille, A. Chovin, A. Anne, T. Michon, C. Wege, C. Demaille, *Nanoscale* **2022**, *14*, 875.

## Nanoparticules d'argent comme sonde électrochimique de biocapteurs à base d'aptamère

Guy PREVOT,<sup>a</sup> Mohamed MALLOUKI<sup>a</sup>, Priscilla BAKER<sup>b</sup>, Pierre-Henri AUBERT<sup>a</sup>, Philippe BANET<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de Physiocochimie des Polymères et Interfaces, CY Cergy Paris Université, 5 Mail Gay Lussac, F-95000 Neuville-sur-Oise

<sup>b</sup> SensorLab, University of the Western Cape, Bellville, 7535, Cape Town, South Africa

[guy.prevot@cyu.fr](mailto:guy.prevot@cyu.fr)

Pour mesurer des concentrations d'espèces chimiques (analytes) directement dans une matrice complexe (sang par exemple), habituellement ont suivi une procédure au laboratoire relativement chronophage visant à analyser les échantillons prélevés en grande quantité avec des appareils coûteux et des techniciens qualifiés. Pour permettre une transition vers une analyse individualisée, il est nécessaire de développer de nouveaux outils d'analyse connus sous le nom de biocapteurs, offrant des mesures rapides, pratiques et en continue au plus proche du patient.

Pour ce faire de nombreux éléments de bio-reconnaissance existent tels que des anticorps, des antigènes, des micro-organismes ainsi que des aptamères.

Les aptamères sont de courtes séquences nucléotidiques généralisables, sélectionnées in-vitro par un procédé nommé SELEX pour une interaction spécifique et autonome avec l'analyte ciblé et donnant lieu à de nombreuses recherches pour la création de nouveaux biocapteurs.

Les nanomatériaux grâce à leurs propriétés singulières (électrochimique, catalytique et électronique) sont de très bons candidats pour la réalisation de sondes électrochimiques permettant la création de biocapteurs pouvant détecter des espèces à l'état de traces (sub nano-molaire).

Le but des travaux qui seront présentés est de réaliser un aptacapteur utilisant comme sonde électrochimique novatrice des nanoparticules d'argent (AgNPS) immobilisées avant l'étape de reconnaissance. Le principe de ce capteur est que le changement de conformation de l'aptamère après reconnaissance induira une modification du transfert électronique de l'oxydation des AgNPs et permettra d'obtenir des informations quantitatives sur la concentration d'analyte en solution.

Des nanoparticules ayant un diamètre compris entre 2 et 10 nm, stabilisées par différentes molécules (citrate, organothiols) ont été synthétisées et caractérisées par UV-Visible, DLS et microscopie électronique à transmission. Les organothiols utilisés comprennent un groupement terminal acide carboxylique qui permet dans un second temps de fixer les AgNPS de façon covalente à un aptamère spécifique de la thrombine. Les premiers résultats des

caractérisations par microbalance et électrochimie (voltamétrie cyclique ainsi que la spectroscopie d'impédance électrochimique) de la co-immobilisation de ces aptamères marqués et d'organothiols complémentaires (dilution de l'aptamère à la surface de l'électrode, éléments anti-encrassement) seront présentés avec une analyse des effets de la nature et de la longueur de la chaîne des ligands ainsi que

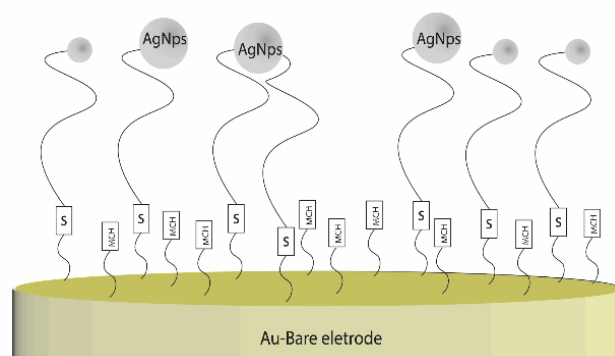


Figure 1: Schéma représentatif d'un capteur électrochimique modifié avec des AgNps

Journée d'Electrochimie 2024  
1<sup>er</sup> – 5 Juillet 2024  
Saint-Malo, France

le diamètre optimal des particules.



## The development of an aptasensor for Protein A detection as a marker of *Staphylococcus aureus*

Andreea Cernat, Ana-Maria Tătaru, Alexandra Canciu, Mihaela Tertis, Cecilia Cristea

Analytical Chemistry Department, Faculty of Pharmacy, Iuliu Hațieganu University of Medicine and Pharmacy,  
4 Louis Pasteur St., 400349 Cluj-Napoca, Romania

*ilioaia.andreea@umfcluj.ro*

Rapid and sensitive detection of pathogens is a useful strategy for the healthcare systems, as a major issue around the globe concerns the spread of highly resistant bacteria to the available antibiotherapy. *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) is accountable for a wide variety of clinical diseases with a high rate of morbidity and mortality and, in particular, methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) was tagged by WHO as a high priority microorganism that urgently requires new therapeutic options<sup>[1-4]</sup>. By using virulence factors produced by *S. aureus* (the surface component – Protein A) as specific biomarkers, the aim of this study was to develop an electrochemical aptasensor to detect the presence of the bacteria from real samples.

The aptasensor was developed on gold screen-printed electrodes (AuSPE), on which the specific aptamer for Protein A (PA#2/8 [S1-58]<sup>[5]</sup>) was immobilized via multipulse amperometry, the remaining unbound sites were blocked via MPA, using an agent containing a SH-group and the target, Protein A, was incubated in time. After each step, the electrode surface was analyzed using differential pulse voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. The aptasensor exhibited good sensitivity across a wide linear range from 25 nM to 1000 nM, with a limit of detection of 8.33 nM in standard solutions of the target and showcased high selectivity towards Protein A against other tested proteins (bovine serum albumin, human serum albumin, and Interleukin-6). Moreover, *S. aureus* was detected in commercial human serum and culture samples displaying a good correlation of the signal and the number of bacteria colonies, in the latter case.

These results are promising for the development of alternative methods for the detection of pathogens with a rapid and accurate response.

### Bibliography

- [1] “Global antimicrobial resistance forum launched to help tackle common threat to planetary health,” can be found under <https://www.who.int/news-room/articles-detail/global-antimicrobial-resistance-forum-launched-to-help-tackle-common-threat-to-planetary-health>
- [2] A. Canciu, A. Cernat, M. Tertis, F. Graur, C. Cristea, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* **2023**, *161*, 116983.
- [3] A. Canciu, A. Cernat, M. Tertis, S. Botarca, M. A. Bordea, J. Wang, C. Cristea, *International Journal of Molecular Sciences* **2022**, *23*, 9884
- [4] I. J. E. Kouijzer, V. G. Fowler, J. ten Oever, *Journal of Infection* **2023**, *86*, 9.
- [5] R. Stoltenburg, P. Krafčíková, V. Víglaský, B. Strehlitz, *Sci Rep* **2016**, *6*, 1.

### Acknowledgments

This work was supported by the Romanian Ministry of Education and Research, CNCS-UEFISCDI, project number PN-III-P1-1.1-TE-2021-0846, within PNCDI III. TE 89/23.05.2022.

## Electrochemical aptasensor modified with cDNA-ferrocene/MXene for the detection of *Staphylococcus aureus*

Ana-Maria Tătaru,<sup>a</sup> Alexandra Canciu,<sup>a</sup> Andreea Cernat<sup>a</sup>, Mihaela Tertiş,<sup>a</sup> Cecilia Cristea<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Analytical Chemistry Department, Faculty of Pharmacy, "Iuliu Hațieganu" University of Medicine and Pharmacy, 4 Louis Pasteur St, Cluj-Napoca, Romania

Email: [ana.mari.tataru@elearn.umfcluj.ro](mailto:ana.mari.tataru@elearn.umfcluj.ro)

One of the most important concerns in the healthcare systems at the moment is represented by the **antimicrobial resistance (AMR)**. Among the species that evolved to be highly resistant to the available antibiotics is *Staphylococcus aureus*, along with its even more virulent variant, methicillin-resistant (MRSA). In this context, the early, rapid, and sensitive detection of pathogens is considered an efficient tool in the fight against AMR<sup>[1]</sup>. The main objective of this study was the development and optimization of an electrochemical competitive aptasensor for the detection of *S. aureus*' surface protein A (PrA).

The biosensor, based on gold screen-printed electrodes (AuSPE), involved using a specific **aptamer** for the specific recognition of PrA (PA#2/8 [S1-58]), ferrocene-labeled complementary DNA sequences (**cDNA-Fc**) to improve the selectivity and carbide nanosheets (**MXene**) to enhance the electrochemical signal<sup>[2,3]</sup>. The protocol for immobilizing the aptamer and the cDNA-Fc/MXene probe was optimized in terms of procedure (method of incubation, time, temperature, composition of the mixture). After binding the biorecognition elements, it was necessary to **block** the unbound sites of the gold surface, testing various agents (6-mercapto-1-hexanol or bovine serum albumin). Surface plasmon resonance (**SPR**) was used to study the binding interactions between the aptamer, the cDNA sequences (S13, S16, S19) and the target molecule, in order to determine the suitable configuration for the aptasensor. Furthermore, the target PrA was detected after incubating it directly on the sensor's surface, using the Fc electrochemical signal as an indirect indicator for the protein binding to the aptasensor, using cyclic voltammetry and differential pulse voltammetry. Various PrA concentrations were tested to establish a correlation between the electrochemical signal and the levels of the target, making the aptasensor suitable for **quantitative analysis**.

### References

- [1] A. Canciu, A. Cernat, M. Tertis, F. Graur, C. Cristea, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* **2023**, *161*, 116983.
- [2] R. Stoltenburg, T. Schubert, B. Strehlitz, *PLoS One* **2015**, *10*, e0134403.
- [3] Y. Z. Zhang, J. K. El-Demellawi, Q. Jiang, G. Ge, H. Liang, K. Lee, X. Dong, H. N. Alshareef, *Chem Soc Rev* **2020**, *49*, 7229.

### Acknowledgments

This work was supported by the Romanian Ministry of Education and Research, CNCS-UEFISCDI, project number PN-III-P1-1.1-TE-2021-0846, within PNCDI III. TE 89/23.05.2022 and by the Iuliu Hațieganu UMF internal grant no. 627/62/11.01.2024.

## Etude de l'électroactivité de souches bactériennes du microbiote intestinal humain

Rohina Youssef,<sup>a</sup> James A. Behan,<sup>a</sup> Aurélie Sauvager,<sup>a</sup> Latifa Bousarghin,<sup>b</sup> Sophie Tomasi,<sup>a</sup> Frédéric Barrière,<sup>a</sup> Marie-Laurence Abasq<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Université de Rennes, CNRS UMR 6226, Institut des Sciences Chimiques de Rennes (ISCR), 35043 Rennes, France.

<sup>b</sup> Université de Rennes, INSERM UMR 1241, Nutrition Metabolisme and Cancer (NuMeCan), 35043 Rennes, France

[rohina.youssef@etudiant.univ-rennes.fr](mailto:rohina.youssef@etudiant.univ-rennes.fr)

La découverte de la capacité des bactéries à transporter des électrons à l'extérieur de leur cellule a ouvert un nouveau champ de recherche, à la fois fondamental et appliqué, dans des domaines tels que la bioremédiation des polluants et la fabrication de biopiles. Un modèle d'étude largement reconnu est la pile à combustible microbienne.<sup>1</sup> L'électroactivité des bactéries implique une respiration cellulaire utilisant des solides extracellulaires comme donneurs ou accepteurs d'électrons.

Ce phénomène découvert dans diverses niches écologiques est d'un intérêt croissant dans la recherche sur le microbiote humain dont un déséquilibre sévère, appelé dysbiose, est souvent observé dans de nombreuses pathologies. Bien que très peu exploré jusqu'à présent, des récentes études ont montré que certaines bactéries du microbiote intestinal sont électroactives et sont capables de transfert d'électrons extracellulaire.<sup>2</sup>

Dans ce contexte, notre projet se concentre sur trois souches bactériennes intestinales, *Akkermansia muciniphila*, *Bifidobacterium longum* et *Lactobacillus reuteri*. *A. muciniphila*, considérée comme un probiotique de nouvelle génération, est une bactérie anaérobie stricte Gram-négatif dégradant les mucines, présente entre 3 et 5% dans un microbiote sain. Son abondance dans le tractus intestinal humain est fortement diminuée dans certains états pathologiques métaboliques (obésité, diabète de type II...)<sup>3</sup> L'interprétation de son abondance et de son rôle reste cependant controversée. En effet, dans le cas de maladies neurodégénératives telle que la sclérose en plaques, des niveaux plus élevés d'*A. muciniphila* conduisent à des effets pro-inflammatoires notamment par une augmentation des gènes impliqués dans la signalisation des récepteurs des lymphocytes T et B, menant probablement à une dérégulation du système immunitaire.<sup>4</sup> Sa forte prolifération se fait au dépend de bactéries intestinales appartenant par exemple au genre *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, majoritaires dans un microbiote équilibré.

Par l'utilisation des outils électrochimiques, nous évaluons ici la capacité de ces bactéries intestinales à échanger des électrons avec des composants extracellulaires et à proliférer en biofilm. Nous examinons également la communication inter-bactérienne à travers des échanges d'électrons dans le cadre de co-cultures, en mimant trois types d'abondance relative entre ces souches majoritaires, représentatifs du microbiote sain et des deux cas de dysbiose pré-cités.

### Références :

- (1) Kumar A., Hsu H.-H., Kavanagh P., Barrière F., Lens P. N. L., Lapinonnière L., Lienhard J. H., Schröder U., Jiang X. & Leech D. *Nature Reviews Chemistry*, **2017**, 1, 0024.
- (2) Schwab L., Rago L., Koch C., Harnisch F. *Bioelectrochemistry*, **2019**, 130, 107334.
- (3) Geerlings S., Kostopoulos I., De Vos W. & Belzer C. *Microorganisms*, **2018**, 6, 75.
- (4) Bronzini M. *Front. Immunol.* **2023**, 14, 1176016.

## ***In situ* generated hydrogen peroxide applied to versatile electroenzymatic reactions**

Vladyslav Mishyn,<sup>a</sup> and Sofiene Abdellaoui<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Université de Reims Champagne Ardenne, INRAE, FARE, UMR A 614, Chaire AFERE, 51097, Reims, France.*

Email: [vladyslav.mishyn@univ-reims.fr](mailto:vladyslav.mishyn@univ-reims.fr)

Peroxidases, a class of oxidoreductases produced in all kingdoms of life, catalyze a variety of oxidation in the presence of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). They have a potential for oxidative breakdown of synthetic substrates, deconstruction of biomass, and organic synthesis.(1-3) The reactions involved with peroxidases are considered as green and sustainable. While there is a conventional method of adding *ex situ* produced H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to the reaction mixture, it faces several limitations as the exogenous addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> can be detrimental for the enzymes and render them inactive. *In situ* generation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> from steadily available air using the electrochemical approach is easy and cheap synthesis that does not rely on nonrenewable chemicals obtained from fossil fuels. Additionally, a desired amount of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> can be produced *via* electrochemical oxygen reduction reaction (ORR), and the ORR pathway be precisely tuned using various catalysts and parameters, such as redox potential. We explored the possibility of combining *in situ* electrochemical generation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> with different peroxidases in a single compartment electrochemical reactor. Using the gas diffusion electrode (GDE) modified with a selected H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> electrocatalyst we demonstrate that this cathode design enables various electroperoxidase-based reaction without the need of any additional supplementations. We illustrate our findings on oxidation of 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS), glycerol-β-guaiacyl ether (VGE), and on electrochemistry assisted enzymatic degradation of biomass. This novel cathode design offers a versatile platform for a wide range of enzymatic reactions involving peroxidases, enabling sustainable biocatalysis with a minimal environmental impact. The surface chemistry and enzyme immobilization strategies will be shown and discussed. The integration of *in situ* electrochemical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generation with peroxidases holds promise for advancing green chemistry and promoting sustainable development in biomass valorization.

### **References**

- (1) Fall, I.; Czerwiec, Q.; Abdellaoui, S.; Doumèche, B.; Ochs, M.; Rémond, C.; Rakotoarivonina, H. *Applied Microbiology and Biotechnology* **2023**, *107*(1), 201-17.
- (2) Ko, M.; Pham, L.T.M.; Sa, Y.J.; Woo, J.; Nguyen, T.V.T.; Kim, J.H.; Oh, D.; Sharma, P.; Ryu, J.; Shin, T.J.; Joo, S.H. *Nature communications* **2019**, *10*(1), 5123.
- (3) Thiel, D.; Doknić, D.; Deska, J. *Nature Communications* **2014**, *5*(1), 5278.