

# **Etude des biofilms électroactifs issus des milieux humides de la Guyane Française – Application aux piles à combustible microbiennes**

Paule SALVIN

Sous la direction de Christophe ROOS et la co-direction de Florent ROBERT

Soutenance prévue le 26 Novembre 2012

## **Résumé**

Les biofilms électroactifs (EA) sont des consortia bactériens mono ou pluri-espèces, qui ont la faculté d'échanger des électrons provenant de leur métabolisme avec les surfaces solides conductrices des électrodes. Cette découverte est à l'origine d'un nouveau dispositif énergétique : la pile à combustible microbienne (PACM). Depuis les années 2000, la littérature scientifique sur les biofilms EA et sur les PACM explose, notamment grâce à la découverte de bactéries capables de transférer par voie directe – par des pili ou protéines transmembranaires – des électrons vers les électrodes. Plusieurs sources de bactéries EA ont été à ce jour découvertes, allant de cultures pures à des communautés bactériennes plus complexes. Ces dernières sont issues de milieux aqueux naturels (milieux marins ou d'eau douce), industriels ou urbains (effluents d'industrie, eaux usées domestiques). La plupart de ces sources bactériennes proviennent d'environnements de climat tempéré.

Dans ce travail de thèse, plusieurs sols de milieux humides de la Guyane ont été identifiés comme étant de sources de bactéries EA. Les expériences menées sous potentiel d'électrode imposé et constant ont permis d'étudier l'adhésion à la surface d'électrode des biofilms EA issus de la flore endogène des milieux sélectionnés. La formation de bioanodes et de biocathodes a été possible en présence respectivement d'acétate et d'oxygène dans les milieux. Une étude par voltammétrie cyclique a mis en évidence les pics d'oxydo-réduction en lien avec les échanges électroniques du biofilm EA et de l'électrode. En optimisant la procédure de formation des biofilms EA par chronoampérométrie (surface d'électrode plus importante, apport en continu et progressif du substrat), une densité de courant maximale de 12 A/m<sup>2</sup> et un rendement faradique de 24 % ont été obtenus.

Une autre méthode pour former des biofilms EA à partir d'un milieu choisi, la mangrove, a consisté à utiliser deux prototypes de PACM : une pile à compartiment unique et à cathode à air, et une pile benthique. Dans les deux cas, les biofilms EA ont pu être formés et étudiés, complétant certaines observations faites sous potentiel imposé. La PACM benthique s'est avérée être la plus proche d'une application à grande échelle puisqu'elle a été complètement autonome : anode et cathode utilisant uniquement le milieu pour fonctionner. Elle a pu être étudiée en laboratoire comme sur le terrain.

### **Abstract**

Electroactive biofilms (EA) are mono or multi-species bacterial consortia, which have the ability to exchange electrons from their metabolism with solid surfaces of conductive electrodes. This discovery is the basis for a device of energy production: microbial fuel cell (MFC). Since the 2000s, the scientific literature on EA biofilms and MFC explodes, thanks to the discovery of bacteria that are able to transfer directly – by pili or trans-membrane proteins – electrons to electrodes. Several sources of EA bacteria were discovered to date, ranging from pure cultures to more complex bacterial communities. Those last are from natural (marine and freshwater), industrial or urban (industrial effluents, domestic wastewater) aqueous environments. However, the vast majority of these are from temperate environments.

In this thesis, several wetland soils of French Guiana have been identified as sources of EA bacteria. Experiments under poised and constant electrode potential were used to examine adherence to the electrode surface of EA biofilms from the endogenous flora of selected environments. Formation of bioanodes and biocathodes was possible in the presence respectively of acetate and oxygen in the media. A study by cyclic voltammetry showed the redox peaks related to electronic exchanges between EA biofilm and electrode. By optimizing the process of EA biofilm formation by chronoamperometry (larger electrode surface, providing continuous and progressive substrate), a maximum current density of  $12 \text{ A/m}^2$  and a coulombic efficiency of 24% were obtained.

Another method to form EA biofilms from a chosen medium (mangrove) was to use two MFC prototypes: a single compartment and air cathode one, and a benthic one. In both cases, the EA biofilms have been trained and studied supplementing certain observations made under poised polarization. MFC benthic proved to be the closest to a wide application since it

was completely autonomous, anode and cathode only using the medium to function. It has been studied in the laboratory and in the field.