



HAL
open science

Evaluation de l'effet des faibles champs électromagnétiques sur les biofilms d'eau potable

Florence Gosselin, Laurence Mathieu, Cédric Carteret, Jean-Claude Block,
Frédéric P.A. Jorand

► **To cite this version:**

Florence Gosselin, Laurence Mathieu, Cédric Carteret, Jean-Claude Block, Frédéric P.A. Jorand.
Evaluation de l'effet des faibles champs électromagnétiques sur les biofilms d'eau potable. Journées
Information Eaux, 2016, Poitiers, France. hal-03749786

HAL Id: hal-03749786

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03749786v1>

Submitted on 11 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

EVALUATION DE L'EFFET DES FAIBLES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES SUR LES BIOFILMS D'EAU POTABLE

Florence GOSSELIN^{1,2}, Laurence MATHIEU^{1,2,3}, Cédric CARTERET^{1,2},
Jean-Claude BLOCK^{1,2}, Frédéric P. A. JORAND^{1,2,*}

¹ Université de Lorraine, LCPME UMR 7564 CNRS-UL, 405 rue de Vandœuvre, 54600, Villers-lès-Nancy, France.

*Tél. : +33 (0)3 83 68 52 48, frederic.jorand@univ-lorraine.fr

² CNRS, LCPME UMR 7564 CNRS-UL, 405 rue de Vandœuvre, 54600, Villers-lès-Nancy, France.

³ EPHE, LCPME UMR 7564 CNRS-UL, 15 rue du Charmois, 54500, Vandœuvre-lès-Nancy, France.

I. INTRODUCTION

La qualité microbienne et le contrôle de l'activité du biofilm des eaux de consommation humaine restent des enjeux majeurs pour les autorités sanitaires et les industriels de l'eau potable. Bien que la teneur résiduelle en désinfectant contribue à diminuer la croissance bactérienne dans l'eau, son efficacité contre le biofilm est très limitée. Dès lors, des solutions permettant de contrôler l'accumulation et l'activité du biofilm sont toujours d'actualité et très attendues. Ainsi, les faibles champs électromagnétiques, déjà utilisés pour réduire la précipitation des carbonates, pourraient répondre, au moins partiellement, à cette demande.

A ce jour, seuls les effets des champs électromagnétiques de faible intensité à haute fréquence ont récemment été passés en revue (Torgomyan and Trchounian, 2013). De rares études se sont intéressées à l'effet sur des bactéries des champs électromagnétiques de basses fréquences (50 Hz), et d'intensité extrêmement faible à très faible (de 0,1 à 50 mT), affectant la cultivabilité de souches pures en suspension (Fojt *et al.*, 2004; Di Campli *et al.*, 2010). Cependant, les effets sur des biofilms aussi complexes que ceux présents à la surface de canalisation d'eau potable ne sont pas documentés. Le but de ce travail est alors d'évaluer l'effet de tels champs électromagnétiques sur des biofilms du réseau public d'alimentation en eau potable. Pour ce faire, nous avons comparé les caractéristiques de biofilms installés, ou s'installant, sur des supports en polymère ou en inox et alimentés en continu par l'eau du réseau. L'eau alimentant les réacteurs étant soumis ou pas à l'effet d'ondes électromagnétiques basse fréquence et faible intensité. Plusieurs hypothèses ont été testées sur l'effet des champs magnétiques : i) ils pourraient affecter l'attachement et l'accumulation de biofilms natifs sur des matériaux neufs vierges de biofilms (effet préventif), ii) ils pourraient éliminer les biofilms matures (effet curatif), leur effet pourrait se manifester en présence d'eau saturée en carbonate de calcium (CaCO₃), iv) les effets pourraient varier selon la nature du matériau (chlorure de polyvinyle *versus* acier inox).

II. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

Afin de mimer le flux d'une canalisation d'eau potable, trois réacteurs Propella™ ont été utilisés. Ces réacteurs permettent de reproduire un flux d'eau parallèlement à la paroi de la canalisation (0,13 m s⁻¹) grâce à un système de double paroi et d'une hélice marine (Appenzeller *et al.*, 2001). Les réacteurs étaient alimentés en continu par l'eau du réseau à l'aide d'une pompe péristaltique, pour un temps de résidence hydraulique de 12 h pour tout le système et de 1,7 h pour l'eau passant dans le générateur (Figure 1). Chaque Propella était équipé de vingt coupons de 2 cm² en chlorure de polyvinyle PN16 (PVC) ou en acier inox 316L (SS), permettant de recueillir le biofilm se développant à leur surface. Les réacteurs P1 et P3 ont été alimentés par l'eau de la communauté urbaine du *Grand Nancy*, qui est légèrement agressive, ils sont connectés à un réacteur produisant un champ électromagnétique, soit en position « off » (Contrôle), soit en position « on » (Essai). Les réacteurs P1 et P3, selon les séries d'essai, ont servi tantôt de réacteur Contrôle, tantôt de réacteur essai. Chaque réacteur était traité dans les mêmes conditions (même longueur de tuyau, même

température, même eau d'alimentation, ...) la seule différence était leur connexion à un générateur alimenté ou pas par le réseau électrique. Le troisième réacteur, P2, était alimenté par l'eau du réseau supplémentée en eau de chaux pour la rendre sursaturée par rapport à la teneur en CaCO_3 , ce dernier, selon les tests, était ou pas connecté à un générateur fonctionnel. Dans tous les essais, la température était contrôlée et maintenue (pièce climatisée) à $21 \pm 1^\circ\text{C}$.

Les générateurs de champs magnétiques (Aqua-4D® tube, Planet Horizon, CH), consistaient en deux bobines placées en série (à une distance de 100 mm) et enroulées autour d'un cylindre dans lequel l'eau circulait (804 mm de long et 50 mm de diamètre) qui générait des champs électromagnétiques variables dans le temps (intensité de 1 to 15 mT sous une fréquence de quelques kHz).

Le biofilm se développant sur les coupons en PVC ou en inox ont été détachés par traitement aux ultrasons (sondes de 10 mm de diamètre, 250 W de puissance appliquée, 20 kHz, VibraCell, BioBlock Scientific). Les cellules bactériennes, les cellules endommagées au niveau de leur membrane et les cellules cultivables (UFC), ont été dénombrées respectivement par marquage au Sybr Green II, par la méthode *bacLight*® (iodure de propidium), et par culture sur milieu R2A (dénombrement des UFC à quinze jours d'incubation à 30°C). Les résultats sont exprimés en cellules / mL (pour l'eau) ou cellules / cm^2 (pour le biofilm). Enfin, l'analyse élémentaire à la surface des coupons a été réalisée et les solides présents ont été caractérisés par spectroscopie Raman et microscopie électronique à balayage.

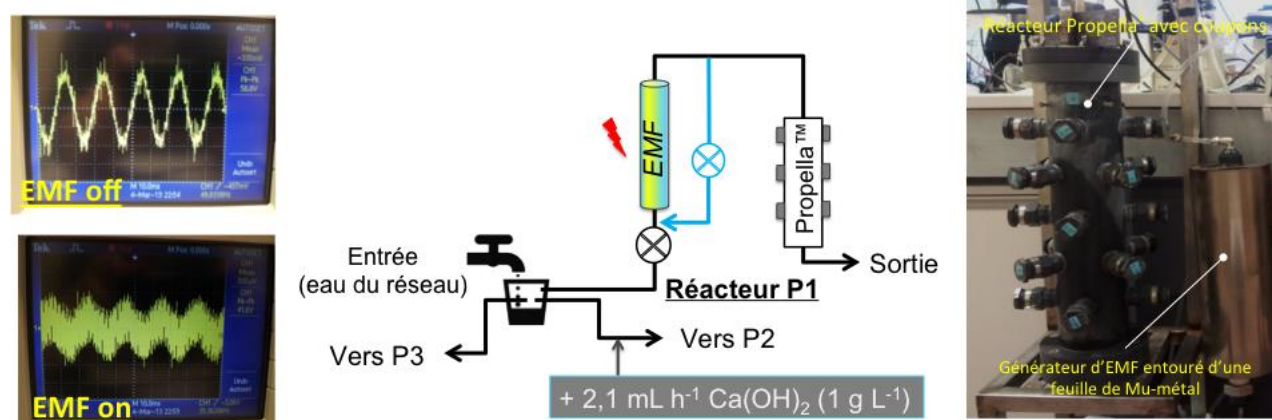


Figure 1. Représentation du dispositif expérimental. EMF = champ électromagnétique, Trois réacteurs Propella™ étaient connectés à l'arrivée d'eau du réseau (eau de la communauté urbaine du Grand Nancy) : P1, P2 et P3. Chaque réacteur était équipé de porte coupons pour prélever le biofilms s'étant développé sur les différents matériaux. Les réacteurs P1 et P3 ont successivement été réacteur contrôle (EMF hors tension) ou réacteur essais (EMF sous tension) pour les différentes séries d'expérimentation. Le réacteur P2 a uniquement été alimenté par de l'eau saturée en CaCO_3 et soumis ou pas aux champs électromagnétiques. Une feuille de Mu-métal (alliage de nickel-fer) enveloppait les réacteurs pour éviter une dispersion des champs magnétiques vers les réacteurs voisins.

II. RESULTATS ET CONCLUSIONS

Quelque soit le matériau (PVC ou inox), différents polymorphes de carbonates (principalement de l'aragonite) se sont formés à la surface des coupons durant le traitement des biofilms matures. Néanmoins, pour les biofilms non soumis au traitement électromagnétique (contrôle), c'est surtout la calcite qui domine, ce qui indique qu'il y aurait bien eu un effet du traitement sur la cristallisation des carbonates de calcium. Ensuite, que les biofilms aient subi ou non le traitement électromagnétique, la densité de bactéries retrouvées dans le biofilm variait de 10^7 à 10^8 cells cm^{-2} et de 10^5 à 10^6 UFC cm^{-2} , aussi bien sur PVC que sur inox. La vitesse d'accumulation des cellules du biofilm était légèrement plus élevée sur PVC que sur inox mais après 100 jours les densités cellulaires étaient équivalentes sur les deux matériaux, avec une proportion de 30 à 70 % de cellules

endommagées, aussi bien pour les essais sur les biofilms natifs (effet préventif, biofilm en installation) que matures (essais curatifs, biofilms de 3 mois).

Aucun effet mesurable du traitement électromagnétique sur la densité bactérienne n'a pu être décelé ni sur le biofilm en croissance (traitement dit « préventif »), ni sur le biofilm « mature » (traitement dit « curatif ») se développant dans l'eau légèrement agressive de l'eau du réseau de Nancy sur les coupons en PVC ou en inox.

De même, aucun effet mesurable n'a pu être décelé sur le biofilm mature ou se développant dans l'eau du réseau de Nancy rendue entartrante. Enfin, l'analyse élémentaire (Si, Fe, Mg, Ca, Na and P) des biofilms, ne montrent aucune différence significatives tout essai confondu.

Ces résultats

Ces résultats soulignent le fait que le traitement par ondes électromagnétiques de faibles intensités et à basses fréquences, si il semble bien avoir une action sur la précipitation des carbonates (observations qualitatives qu'il reste à alimenter par des données quantitatives), n'a pas d'effet significatif sur les biofilms ténus qui se développent dans les réseaux d'eau de consommation humaine.

Remerciements: Ce travail s'inscrit dans le projet « Elma-Prevent » du programme Eurostars financé par des fonds européens d'EUREKA et de la commission européenne.

Appenzeller, B. M. R., Batté, M., Mathieu, L., Block, J.-C., Lahoussine, V., Cavard, J. and Gatel D. (2001). Effect of adding phosphate in drinking water on bacterial growth in slightly and highly corroded pipes. *Water Res.*, **35**, 248-253.

Di Campli E., S. Di Bartolomeo, R. Grande, M. Di Giulio, L. Cellini (2010). Effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on *Helicobacter pylori* biofilm. *Curr. Microbiol.* **60**, 412-418.

Fojt L., L. Strasak, V. Vetterl, J. Smarda (2004). Comparison of the low-frequencies magnetic field effects on bacteria *Escherichia coli*, *Leclercia adecarboxylata* and *Staphylococcus aureus*. *Bioelectrochemistry*, **63**, 337-341.

Torgomyan H. and Trchounian A. (2013). Bactericidal effects of low-intensity extremely high frequency electromagnetic field: an overview with phenomenon, mechanisms, targets and consequences. *Critical Rev. Microbiol.*, **39**(1), 102-111.