

Quand l'eau devient désinfectante : enjeux méthodologiques dans l'évaluation de l'efficacité de l'eau ozonée sur des biofilms bactériens

CLOÉ DERASPE, JEAN-YVES LECOMPTÉ

CINTECH AGROALIMENTAIRE SAINT-HYACINTHE, QC, CANADA, ✉ : jylecompte@cintech.ca

Colloque de l'ARC et du Réseau des CCTT dans le cadre du 93e Congrès de l'Acfas, Université du Québec à Trois-Rivières, 11 mai 2026

Introduction

Les biofilms microbiens représentent un enjeu majeur en industrie agroalimentaire car ils favorisent la contamination des surfaces et compromettent la sécurité alimentaire. Ces structures bactériennes sont particulièrement résistantes aux méthodes de nettoyage conventionnelles. Les agents chimiques utilisés présentent toutefois des inconvénients, notamment leur toxicité, leur rémanence et leur caractère corrosif. L'eau ozonée constitue une alternative prometteuse, puisqu'elle est un agent oxydant efficace, écologique, et se décomposant naturellement en oxygène. Dans le cadre d'un projet visant à évaluer l'efficacité de l'eau ozonée pour éliminer les biofilms bactériens, et étudier l'effet de différentes conditions expérimentales et matériaux sur leur développement, nous avons mis en évidence l'importance de l'optimisation des protocoles expérimentaux.

Matériel et méthodes

Des biofilms d'*Escherichia coli* (ATCC 35218) ont été formés sur des coupons de différents matériaux (acier inoxydable, Buna-N, UHMW, polyuréthane). Les biofilms ont été incubés sous différentes conditions, incluant la température (25 °C et 37 °C), la présence de matière organique et l'état de surface des coupons (lisse ou gravé). Les échantillons ont ensuite été soumis à des traitements à l'eau ozonée (1 ppm) pour différentes durées. La quantification bactérienne a été réalisée par dénombrement (UFC/mL). Des analyses complémentaires ont été effectuées par spectroscopie de fluorescence et analyse en composantes principales (PCA).

Résultats

Formation des biofilms

Les biofilms initialement formés étaient peu résistants et facilement détachés par l'action mécanique des bulles générées lors des traitements. L'optimisation du protocole (température d'incubation, préparation du support) a permis d'obtenir des biofilms plus robustes.

Conditions expérimentales

La température d'incubation, la présence de matière organique et la rugosité de la surface des coupons n'ont pas montré d'effet significatif sur la charge microbienne des biofilms.

Condition	Moyenne de population (UFC/mL)
Sans matière organique (37°)	2,640E+06
Avec matière organique (37°C)	2,413E+06
Gravé et sans matière organique (37°C)	3,427E+06
Gravé et avec matière organique (37°C)	1,305E+06
Sans matière organique (25°C)	4,520E+06

Tableau 1. Effet des conditions expérimentales sur la formation des biofilms. Les différentes conditions testées (température, matière organique et état de surface) n'ont pas montré d'effet significatif sur la formation des biofilms

Effet des matériaux

Les matériaux testés ont montré des comportements différents. Le Buna-N et le UHMW ont favorisé une formation plus importante et une meilleure résistance des biofilms face à l'effet mécanique de bulles d'air comparativement au polyuréthane et à l'acier inoxydable.

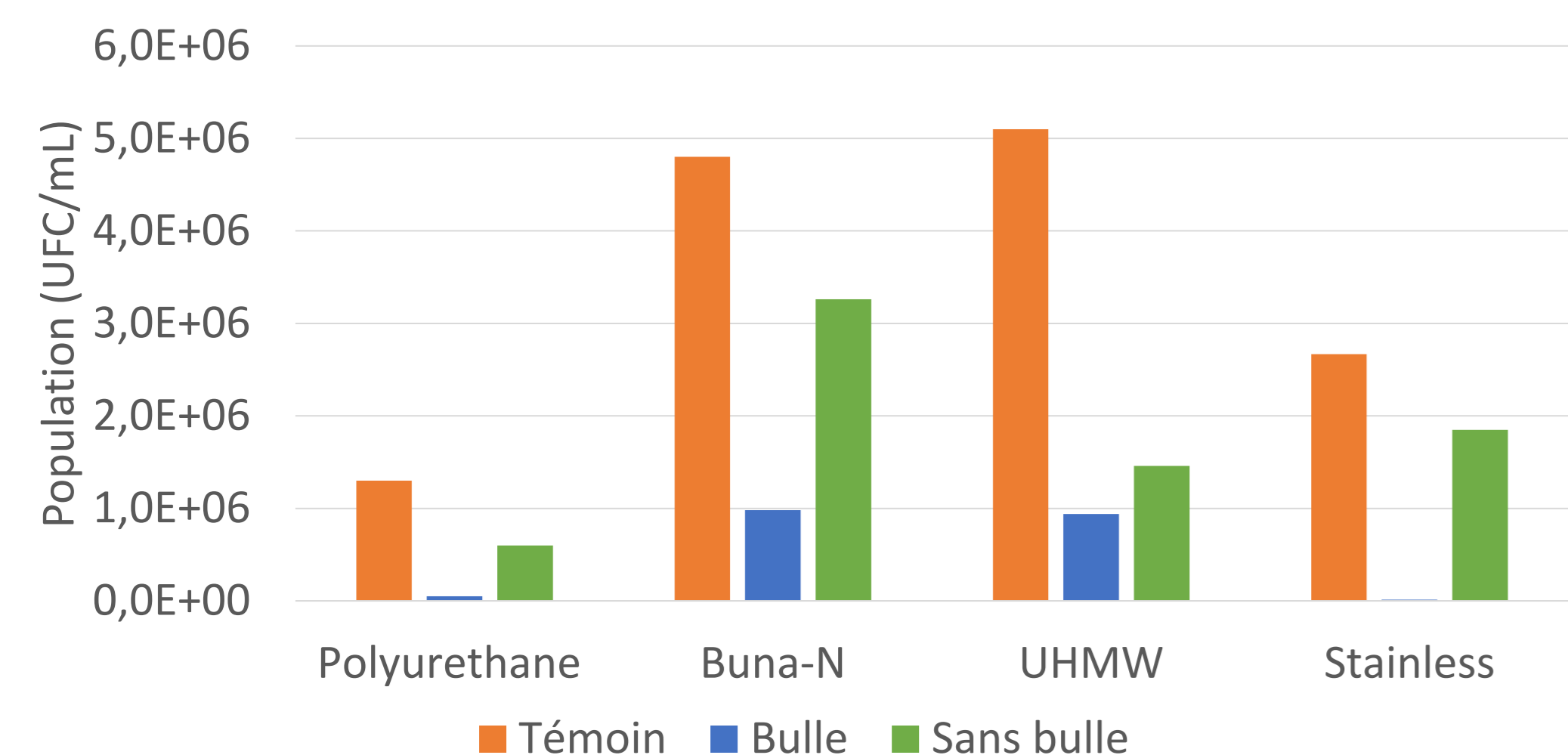


Figure 1. Influence du matériau sur la formation et la résistance des biofilms. Les biofilms formés sur le Buna-N et le UHMW présentent une croissance et une résistance supérieures à ceux observés sur l'acier inoxydable et le polyuréthane.

Matériau	Réduction (log UFC/ml)
Polyurethane	1,1
Buna-N	0,5
UHMW	0,2
Stainless	2,2

Tableau 2. Réductions bactériennes attribuables à l'effet mécanique des bulles d'air uniquement.

Effet de l'eau ozonée

Un traitement à l'eau ozonée à 1 ppm a permis d'éliminer complètement les bactéries après 3 minutes dans certaines conditions (biofilms formés sur du stainless). Toutefois, une variabilité importante a été observée entre les essais, limitant la portée des conclusions.

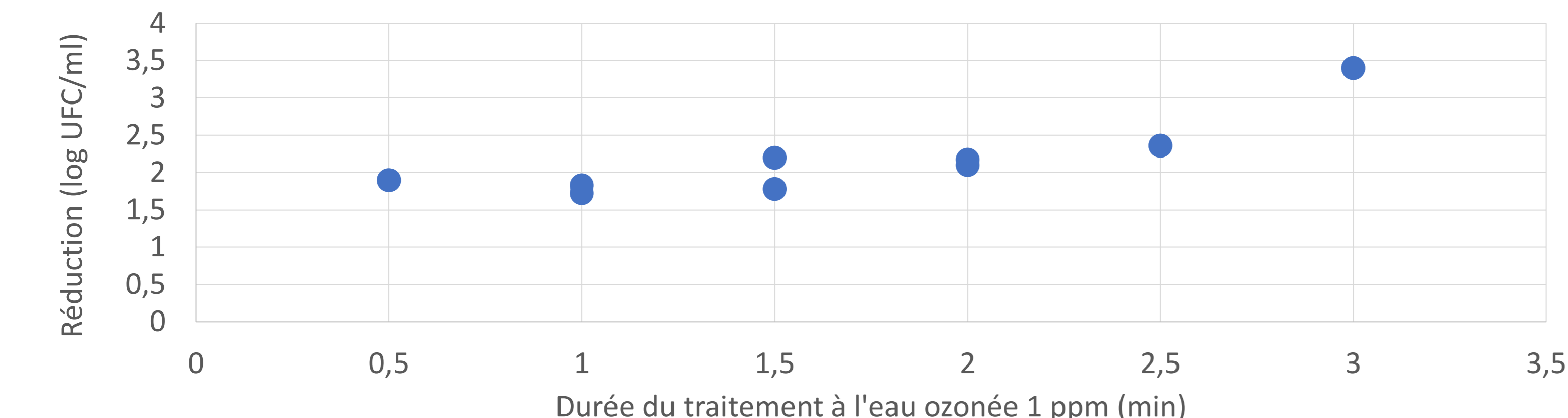


Figure 2. Effet de l'eau ozonée (1 ppm) sur la décontamination des biofilms (matériau : stainless). Un traitement à l'eau ozonée permet une élimination complète des bactéries après 3 minutes, bien qu'une variabilité soit observée entre les essais.

Références

- Bai X. et al., *Foods*, 2021.
 Ismaïl R. et al., *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2013.
 Preis S. et al., *Water Sci. Technol.*, 2013.

Analyses spectroscopiques

La spectroscopie de fluorescence et l'analyse PCA ont confirmé la présence de biofilms sur l'ensemble des échantillons, sans mettre en évidence de distinction significative entre les conditions expérimentales.

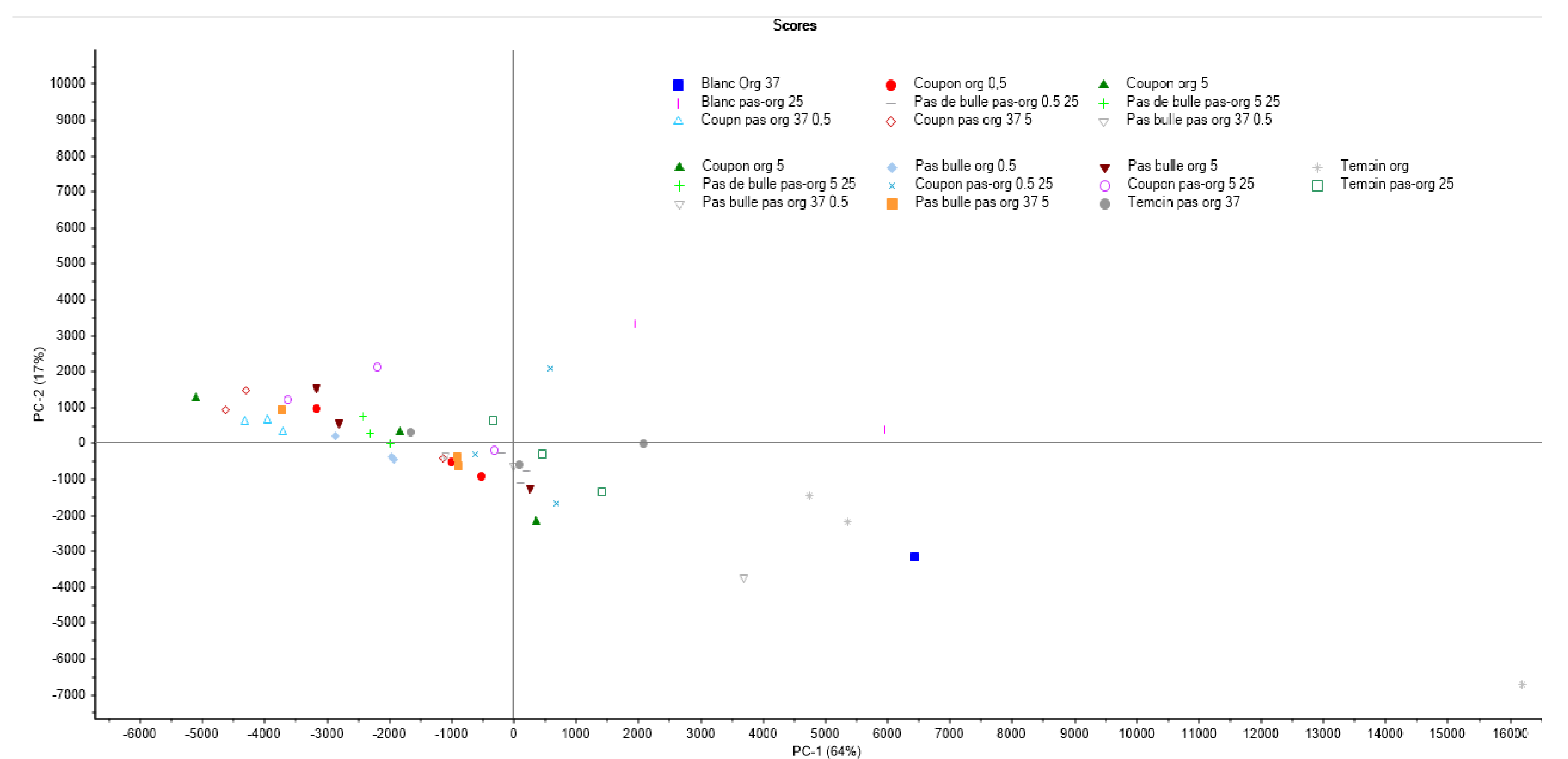


Figure 3. Analyse en composantes principales des biofilms sous différentes conditions. L'analyse PCA ne met en évidence aucune distinction significative entre les conditions expérimentales, suggérant des profils de biofilms similaires.

Conclusion

L'objectif de ce projet était d'évaluer l'efficacité de l'eau ozonée pour la décontamination de biofilms en industrie agroalimentaire. Ces travaux ont mis en évidence l'importance de certains paramètres expérimentaux sans relation directe avec le temps d'exposition à l'ozone (type de matériau, effet mécanique des bulles formées lors de l'ozonation), alors que d'autres n'ont pas montré d'effet significatif (présence de matière organique, augmentation de la rugosité de la surface, température d'incubation). L'optimisation du protocole expérimental a donc été nécessaire pour améliorer l'adhérence et la robustesse des biofilms et permettre l'étude de leur comportement face aux traitements.

Les résultats obtenus suggèrent que l'eau ozonée possède un potentiel intéressant comme agent de décontamination, notamment en permettant une élimination complète des bactéries dans certaines conditions. Cependant, la variabilité observée entre les essais limite la portée des conclusions et souligne la nécessité de poursuivre les expérimentations afin de confirmer ces observations.

Dans la continuité de ce travail, il serait pertinent d'augmenter le nombre d'essais afin d'améliorer la reproductibilité des résultats, ainsi que d'évaluer l'efficacité de l'eau ozonée sur d'autres matériaux ayant démontré une meilleure capacité de formation de biofilms, tels que le Buna-N et le UHMW. De plus, l'étude de l'effet de durées d'incubation plus longues permettrait de mieux représenter les conditions industrielles réelles et d'approfondir la compréhension de la résistance des biofilms. Ces avenues de recherche permettraient de mieux valider l'utilisation de l'eau ozonée comme solution durable pour l'assainissement des surfaces en industrie agroalimentaire.

Remerciements

Cette recherche a été financée par le consortium RITA. Mes travaux ont bénéficié d'un octroi du fond de recherche du Québec.