

Etude du développement de biofilm dans les systèmes d'irrigation pour la réutilisation des eaux usées : modèle et expériences

Study of the biofilm development in irrigation system for wastewater reuse: Model and experience

S. GAMRI^{1,2}, A. SORIC¹, S. TOMAS², B. MOLLE², N. ROCHE¹

Contexte

Dans le cadre de l'utilisation des eaux usées traitées en irrigation, le développement bactérien constitue une contrainte à l'utilisation des systèmes de micro-irrigation en augmentant leur risque d'obstruction.

Nous étudions ici les conditions qui favorisent le développement des biofilms dans les goutteurs de micro-irrigation.



Matériels et Méthodes



Dispositif expérimental

Nous avons testé au laboratoire en utilisant une solution d'eau usée modèle à 200 mg/L de DCO³ filtrée à 10 microns pendant dix semaines d'expérimentation:

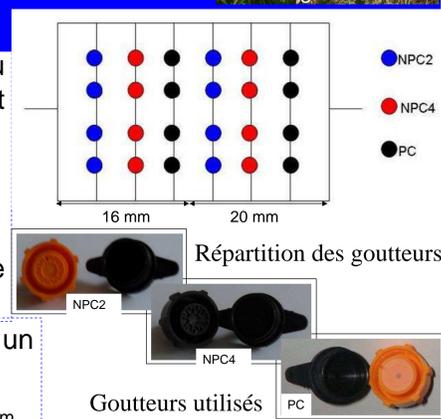
- Trois types de goutteurs: NPC2⁴, NPC4⁵ et PC⁶
- Deux diamètres de conduites: 16 et 20 mm

Fonctionnement 8h/jour à P= 1 bar.

Suivi du débit des goutteurs et des paramètres de qualité de l'eau (pH, COT⁷, conductivité et température)

Modélisation de l'écoulement dans les goutteurs NPC en utilisant un modèle d'écoulement laminaire⁸ sous ANSYS Fluent®.

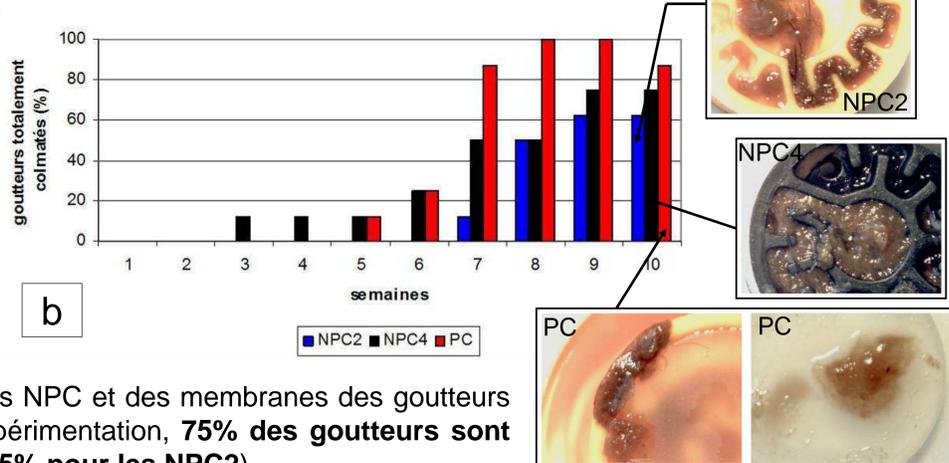
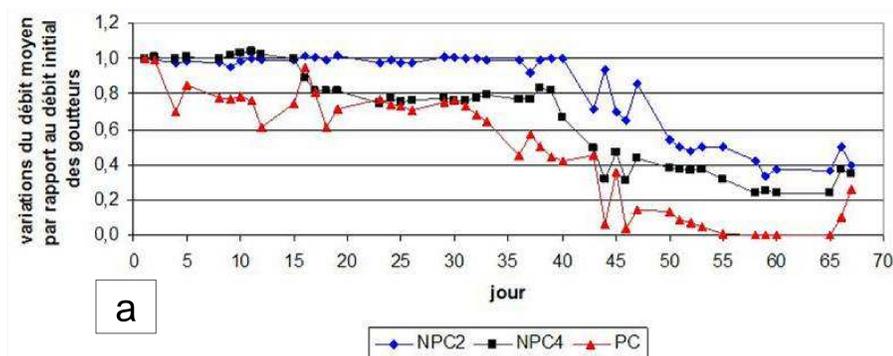
Condition initiale de pression: à l'entrée = 1 bar et à la sortie = P_{atm}



Répartition des goutteurs

Goutteurs utilisés

Résultats



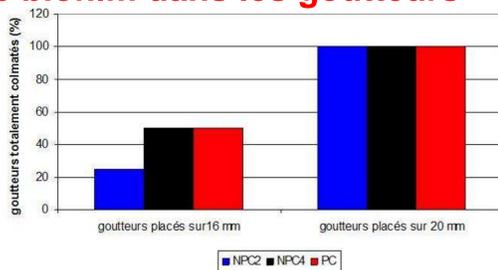
• Le développement de biofilm au niveau des labyrinthes des goutteurs NPC et des membranes des goutteurs PC est à l'origine de la diminution du débit observé. A la fin de l'expérimentation, **75% des goutteurs sont totalement colmatés (87,5% pour les PC, 75% pour les NPC4 et 62,5% pour les NPC2).**

• Les goutteurs PC semblent être plus sensibles au colmatage biologique que les goutteurs NPC → le biofilm perturbe le fonctionnement des membranes.

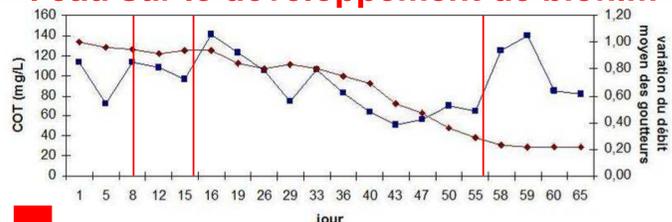
Evolution du débit moyen des goutteurs (a) et du pourcentage de goutteurs totalement colmatés (b) au cours de l'expérimentation

Impact des propriétés de l'écoulement et de la géométrie des labyrinthes sur le développement de biofilm dans les goutteurs

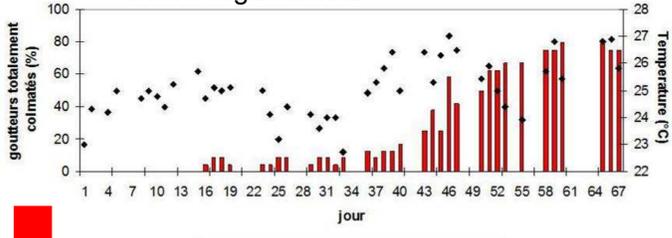
Les goutteurs placés sur les conduites 20 mm apparaissent plus sensibles au colmatage → la vitesse est 1,25 fois plus faible que dans les conduites 16 mm ce qui favorise la croissance de biofilm.



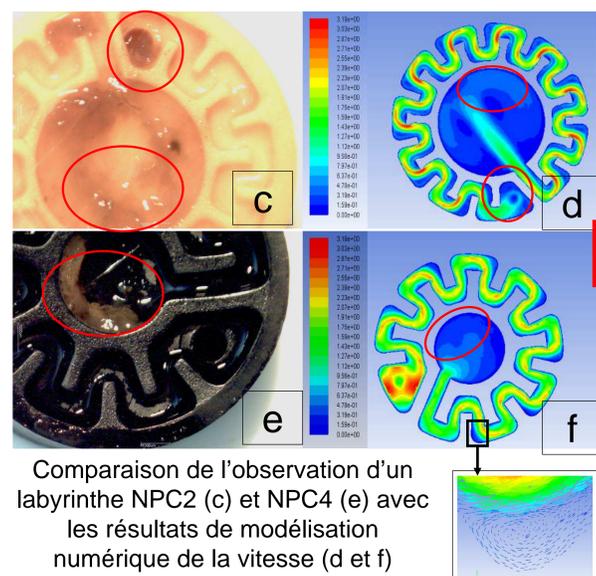
Influence des paramètres de qualité de l'eau sur le développement de biofilm



La diminution de COT après rectification de la concentration de la solution est due à la consommation de carbone par les micro-organismes.



Un accroissement des phénomènes de colmatage est observé pendant les augmentations de température.



- Le biofilm se développe essentiellement dans les zones caractérisées par une vitesse et un cisaillement faibles.
- Le biofilm se développe initialement dans le cercle central du labyrinthe et dans les zones mortes d'écoulement puis colonise le reste de la surface.
- Ayant un diamètre plus petit, le cercle central des goutteurs NPC4 est rapidement colonisé contrairement aux goutteurs NPC2 → NPC4 se colmatent plus tôt

Conclusion

- Le développement de biofilm dans les goutteurs de micro-irrigation dépend de leur géométrie, des propriétés de l'écoulement et des paramètres de qualité de l'eau.
- Le COT est un bon indicateur de l'activité bactérienne dans le système.

Perspectives

- L'étude et la modélisation du développement du biofilm:
 - sur d'autres types de matériaux.
 - en variant les paramètres de qualité de l'eau et les conditions d'écoulement.

³ Demande chimique en oxygène, ⁴ goutteurs débitant 2 L.h⁻¹ à 1 bar de pression, ⁵ goutteurs débitant 4 L.h⁻¹ à 1 bar de pression, ⁶ goutteurs débitant 2 L.h⁻¹ dans la gamme de pression de fonctionnement, ⁷ Carbone organique total ⁸ Nombre de Reynolds= 219 pour NPC2 et 329 pour NPC4

¹ Laboratoire de Modélisation, Mécanique et Procédés Propres UMR CNRS 6181 Europôle de l'Arbois, Bâtiment Laennec – Hall C, BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 4

² Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur les Matériels d'Irrigation, irstea, Aix en Provence UMR G-EAU 3275 route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix En Provence Cedex 5



Contacts: souha.gamri@irstea.fr; audrey.soric@centrale-marseille.fr; severine.tomas@irstea.fr; bruno.molle@irstea.fr; nicolas.roche@univ-amu.fr