



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BTS MÉTIERS DE L'EAU

## BIOCHIMIE BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE DES EAUX – U. 4

SESSION 2015

---

Durée : 4 heures  
Coefficient : 4

---

L'usage de la calculatrice est interdit.

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

BTS MÉTIERS DE L'EAU	Session 2015
Biochimie, biologie et microbiologie des eaux – U. 4	Code : MTBBM Page : 1/9

# Utilisation d'un sous-produit des biocarburants pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration.

*Le glycérol (molécule à 3 carbones), sous-produit de fabrication des biocarburants, est utilisé dans les domaines de l'agro-alimentaire, de la cosmétologie ou de l'automobile. Un nouveau débouché a été recherché dans le domaine des eaux usées. L'étude présentée compare l'efficacité de la dénitrification en présence de glycérol, en remplacement du méthanol, fréquemment employé.*

## 1. Étude biochimique du glycérol et du méthanol (24 points)

- 1.1 **Expliquer** le rôle nutritionnel du glycérol et du méthanol pour les cellules bactériennes.
- 1.2 **Écrire** la formule chimique semi-développée du glycérol et du méthanol.
- 1.3 **En déduire** la classe chimique à laquelle appartiennent ces molécules.
- 1.4 À l'aide de **l'annexe 1 (page 5/9)**, **analyser** les risques liés à l'utilisation de ces deux réactifs.

*Le glycérol entre dans la composition de certains lipides.*

- 1.5 **Citer** deux types de glycérolipides de la cellule et **préciser** leurs rôles.

*Dans la cellule bactérienne, ces lipides sont hydrolysés en sous-produits notamment les acides gras et le glycérol. Les acides gras subissent la  $\beta$ -oxydation. Le glycérol est métabolisé en un intermédiaire de la glycolyse, le glycéraldéhyde 3-phosphate. Ces deux voies cataboliques sont présentées dans **l'annexe 2 (page 5/9)**.*

- 1.6 **Indiquer** le compartiment cellulaire où se déroule la glycolyse.
- 1.7 **Établir** l'équation bilan de la glycolyse.
- 1.8 **Préciser** les devenir du pyruvate en aérobiose et en anaérobiose.
- 1.9 **Établir** l'équation bilan de la  $\beta$ -oxydation pour un acide gras à 18 atomes de carbone (acide oléique).

## 2. Essais en laboratoire et mise en situation sur unité de biofiltration (34 points)

*Des essais en laboratoire ont été réalisés afin de déterminer l'influence de la source de carbone sur les mécanismes de dénitrification biologique des eaux usées. L'influence du substrat carboné sur les vitesses de dénitrification et d'accumulation des nitrites a été évaluée pour différents composés organiques : glucides, acides organiques et alcools.*

- 2.1 **Citer** deux conditions de la réalisation de la dénitrification biologique des eaux.

**2.2 Préciser** les caractéristiques des micro-organismes responsables de la dénitrification des eaux usées (types trophique, respiratoire ; produit formé).

**2.3 Citer** un exemple de bactérie dénitrifiante utilisée dans le traitement des eaux usées (se limiter au genre bactérien).

## **2.4 Influence de la nature du substrat sur la dénitrification**

*Les graphiques en **annexe 3 (page 6/9)** montrent, d'une part, la vitesse de dénitrification (**annexe 3a**) et d'autre part, le rapport massique des nitrites sur les nitrates (**annexe 3b**), en fonction des substrats carbonés utilisés par la biomasse épuratrice.*

**2.4.1 Analyser** l'effet des différents substrats sur les vitesses de dénitrification.

**2.4.2 Analyser** l'effet des différents substrats sur le rapport massique  $N-NO_2^- / N-NO_3^-$ .

**2.4.3 Argumenter** le choix du méthanol et du glycérol pour la conduite de l'étude.

*Des essais ont été entrepris sur la substitution possible du méthanol par le glycérol, à l'échelle industrielle, sur des unités d'épuration avec dénitrification sur culture fixée. Le traitement biologique se fait, dans le cas présent, par biofiltration. Des modalités de réalisation de l'essai sont présentées en **annexe 4 (page 7/9)**.*

*Trois paramètres ont été suivis : les performances épuratoires, l'encrassement des biofiltres et la qualité des eaux de lavage produites.*

*Le suivi des performances épuratoires a notamment reposé sur la mesure des paramètres azotés et de la DCO, lors du transit des eaux sur les biofiltres.*

**2.5 Indiquer** le principe de la biofiltration des eaux usées.

**2.6 Définir** un biofilm.

**Réaliser** un schéma annoté représentant les principales étapes du développement d'un biofilm.

**2.7 Nommer** les bactéries nitrifiantes.

**Citer** leur type respiratoire et leurs trois types trophiques respectifs.

**2.8 Préciser** deux conditions nécessaires à la nitrification.

**2.9 Argumenter** la nitrification en deuxième étage de traitement.

*Les résultats du suivi des paramètres azotés et de la DCO sont représentés en **annexe 5 (page 8/9)**.*

*Le troisième étage du procédé est complété d'abord avec du glycérol, puis avec du méthanol. Dans chaque cas, l'évolution des paramètres DCO et azotés est étudiée au cours du temps, en entrée et en sortie.*

**2.10 Analyser et interpréter** les résultats de la DCO.

**2.11 Analyser** les résultats concernant les paramètres azotés.

### 3. Étude de la biomasse épuratrice (18 points)

Lors des essais industriels, l'état d'encrassement des biofiltres et la qualité des eaux de lavage ont été suivis.

**3.1 Citer** deux intérêts du lavage des biofiltres.

**3.2 Nommer** la technique de préparation des échantillons d'eaux de lavage avant leur observation microscopique.

Les résultats des observations au microscope optique sont présentés en **annexe 6** (page 9/9).

**3.3 Porter sur la copie** la signification des repères 1 à 4 de l'**annexe 6**.

**3.4 Définir** les éléments précédemment identifiés 1 à 4.

**3.5 Représenter** la chaîne alimentaire au sein du biofiltre.

**3.6 Décrire et comparer** les images microscopiques obtenues en présence de méthanol et en présence de glycérol.

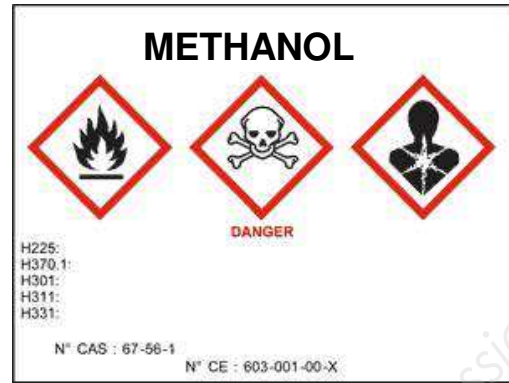
**Conclure** sur l'effet du glycérol.

**3.7 Indiquer** une conséquence possible sur le fonctionnement du biofiltre, dans le cas de l'utilisation du glycérol.

### 4. Conclusion de l'étude (4 points)

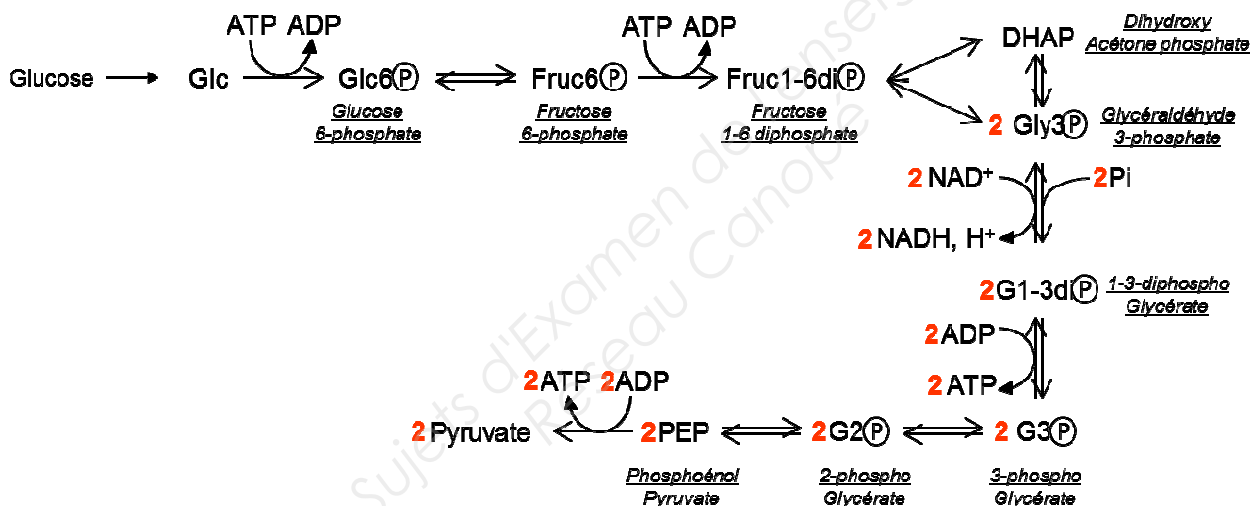
**Synthétiser**, sous forme d'un tableau, les avantages et les inconvénients de l'utilisation du glycérol pour la dénitrification des eaux usées par biofiltration.

# ANNEXE 1 – Étiquettes chimiques du glycérol et du méthanol.



# ANNEXE 2 – Voies métaboliques.

## Annexe 2a : voie de la glycolyse



## Annexe 2b : principe de la $\beta$ -oxydation

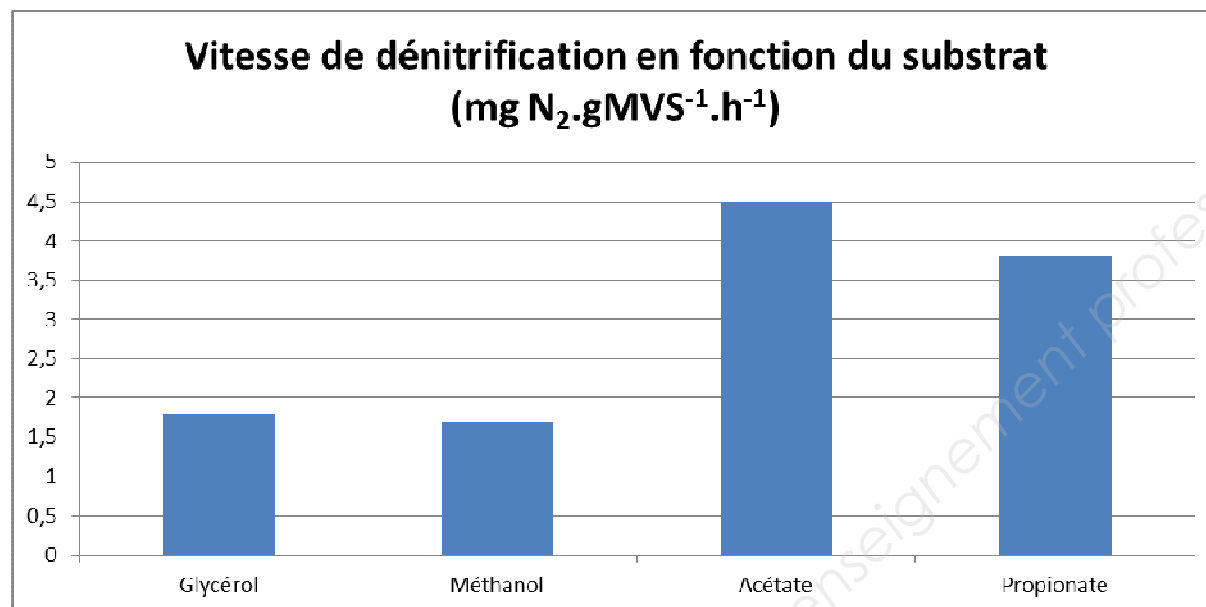
Cette voie métabolique consiste à oxyder un acide gras par une succession d'étapes de réactions d'oxydation aboutissant à la libération de molécules à deux atomes de carbone (acétate).

Chaque étape d'oxydation libère :

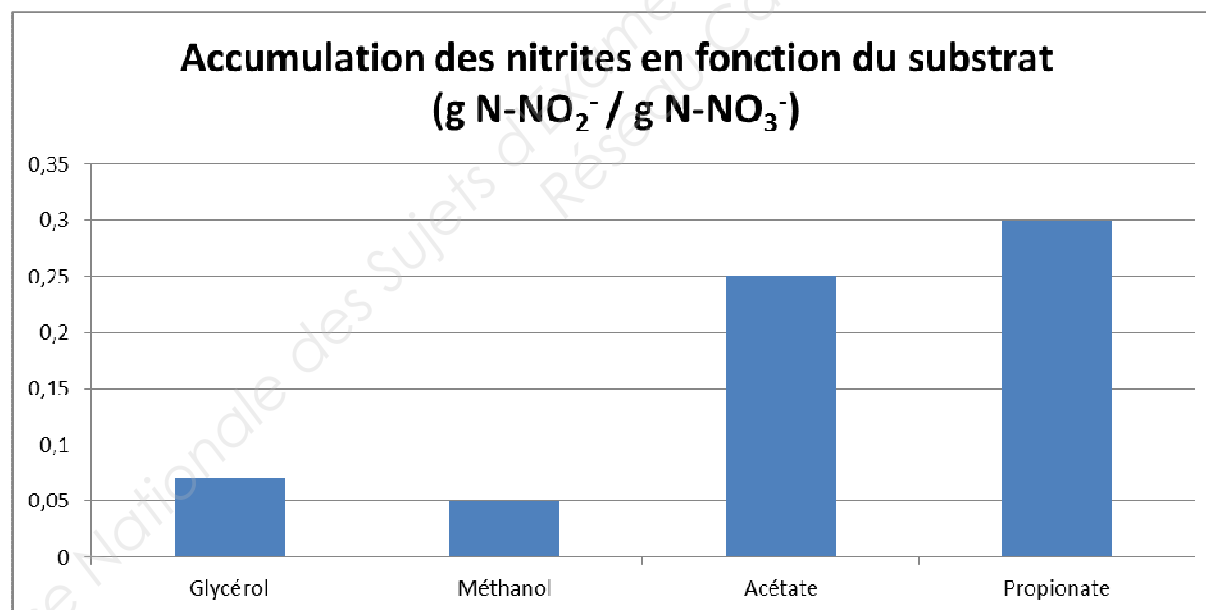
- des coenzymes réduits : 1 FADH<sub>2</sub> et 1 NADH, H<sup>+</sup> ;
- une molécule à deux atomes de carbone, l'acétate lié au coenzyme A pour former de l'acétyl-CoA.

**ANNEXE 3 – Vitesse moyenne de dénitrification (annexe 3a) et ratio d'accumulation des nitrites (annexe 3b) calculées lors des expérimentations en réacteur.**

**Annexe 3a :**



**Annexe 3b :**



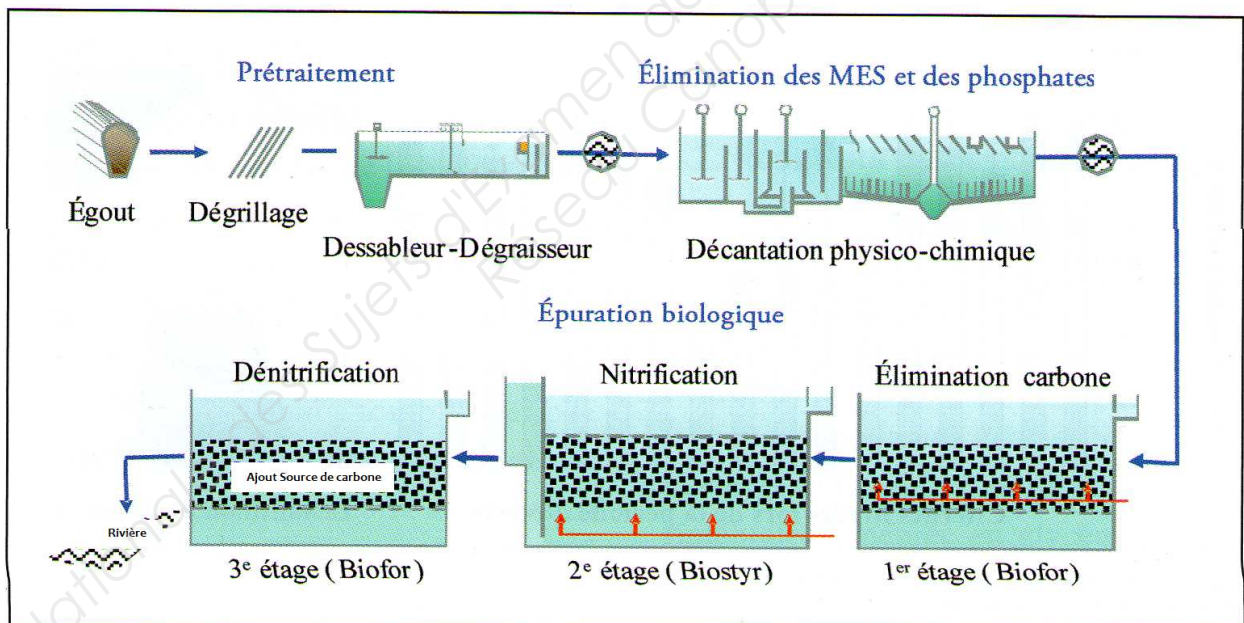
## ANNEXE 4 – Modalités de réalisation de l'essai industriel.

Les essais industriels ont été menés sur une usine épurant chaque jour environ 240 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées, ce qui représente une capacité d'environ 800 000 équivalents-habitants.

Au sein de cette usine, la biofiltration est effectuée sur trois étages. Le fonctionnement des unités de biofiltration est adaptable aux conditions climatiques. Plusieurs configurations permettent d'optimiser le traitement en fonction des débits d'entrée. Le circuit présenté sur la figure correspond à la configuration classiquement employée par temps sec et adoptée dans le cadre de ces essais.

Dans cette configuration, les eaux sont successivement biofiltrées sur les trois étages.

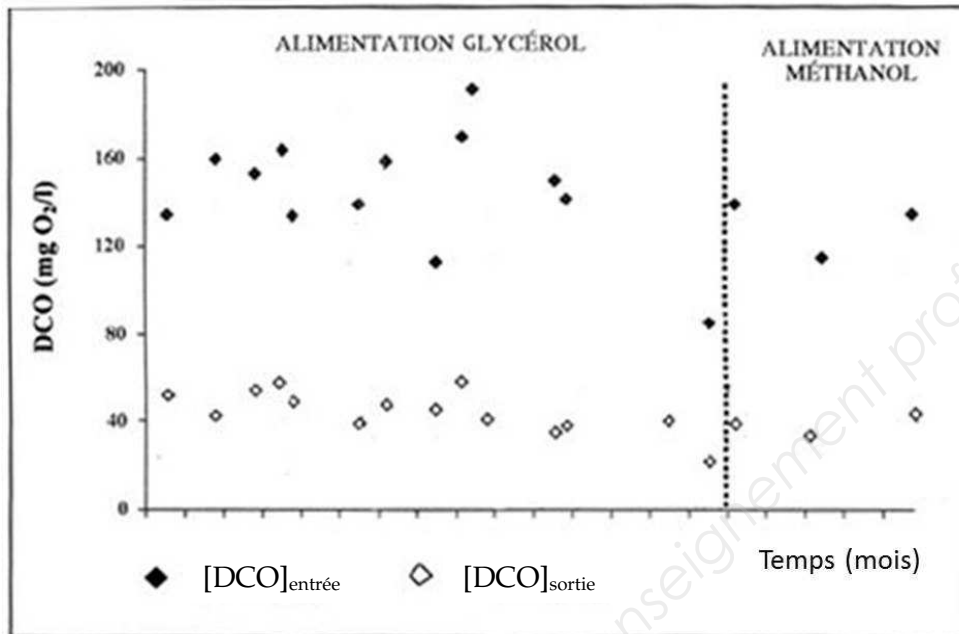
- L'étage 1 est constitué de 24 filtres biologiques, le matériau granulaire étant de la biolite. Cet étage est aéré par un dispositif placé à la base du matériau filtrant.
- L'étage 2 est également aéré par un dispositif placé à la base du matériau et comporte 29 filtres biologiques, le matériau granulaire étant du biostyrène.
- Le dernier étage est composé de trois files comprenant chacune quatre filtres biologiques, à biolite. Sur cet étage, non aéré, une source de carbone exogène est ajoutée.



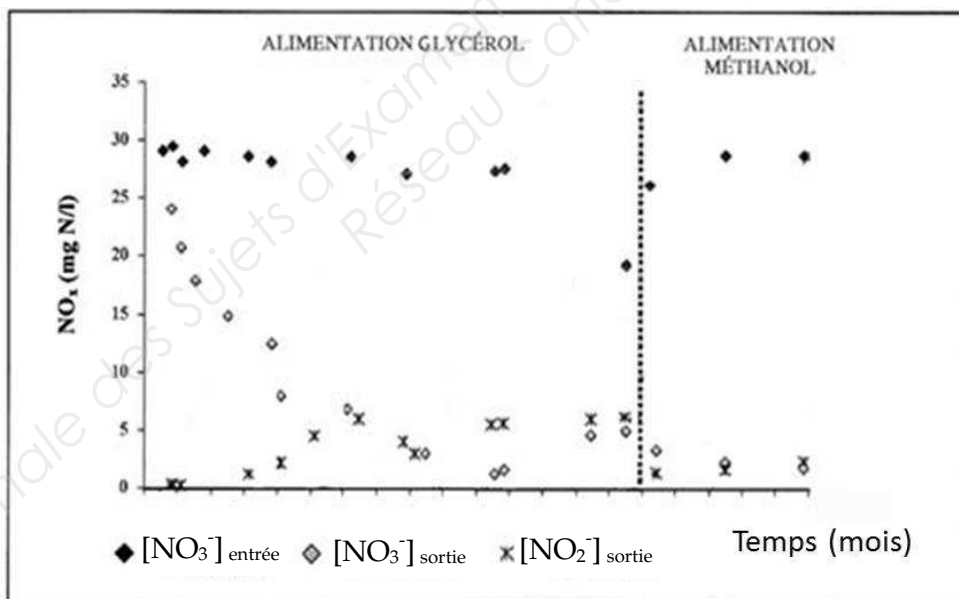


## ANNEXE 5 – Suivi de la DCO (annexe 5a) et des paramètres azotés (annexe 5b) au cours du temps.

### Annexe 5a :

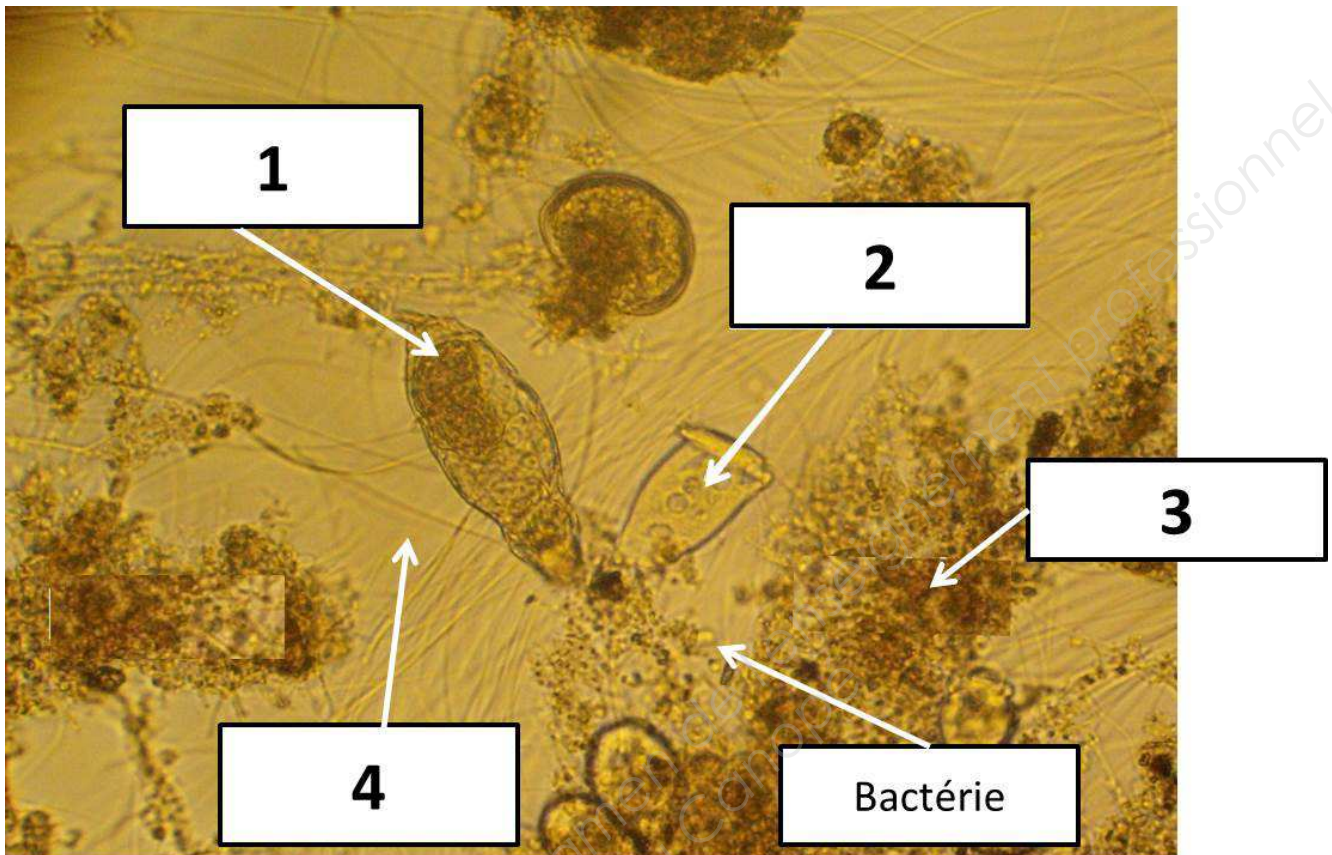


### Annexe 5b :



**ANNEXE 6 – Observations microscopiques (grandissement 400) des eaux de lavage prélevées sur les biofiltres.**

En présence de méthanol :



En présence de glycérol :

