Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS MÉTIERS DE L • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Biochimie, biologie et microbiologie des eaux

Session 2015 • Code sujet : **MTBBM** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude biochimique du glycérol et du méthanol (9 questions) **Page 3**

2. Essais en laboratoire et mise en situation sur une unité de biofiltration (13 questions) **Page 6**

3. Étude de la biomasse épuratrice (7 questions) **Page 11**

4. Conclusion de l'étude (1 question) **Page 14**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 15**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E4.1 - Projet technique et démarche QSE/2015/BTS ME - E4.1 - Projet technique et démarche QSE - Session 2015 - 1-Sujet.pdf

1. Étude biochimique du glycérol et du méthanol

Le sujet étudie le glycérol, sous-produit de la fabrication des biocarburants, comme source de carbone pour dénitrifier les eaux usées en remplacement du méthanol. Les questions portent sur les molécules, leurs risques, les glycérolipides et les voies métaboliques du glycérol et des acides gras.

Question 1.1. Expliquer le rôle nutritionnel du glycérol et du méthanol pour les cellules bactériennes.

Le glycérol et le méthanol sont des substrats organiques assimilables par certaines bactéries. Ils leur apportent du carbone pour synthétiser leurs constituants cellulaires et servent aussi de donneurs d'électrons. Leur oxydation fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la croissance bactérienne. En dénitrification, ces composés peuvent ainsi alimenter le métabolisme des bactéries hétérotrophes qui utilisent les nitrates en absence d'oxygène.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le glycérol et le méthanol fournissent aux bactéries du carbone organique, des électrons et de l'énergie métabolique.

Question 1.2. Écrire la formule chimique semi-développée du glycérol et du méthanol.

La formule semi-développée fait apparaître les liaisons entre atomes de carbone et les fonctions hydroxyle. Le glycérol comporte une chaîne de trois carbones portant chacune une fonction alcool. Le méthanol ne contient qu'un carbone lié à un groupe hydroxyle. Les groupes hydroxyle s'écrivent –OH.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Glycérol : $HO–CH_2–CH(OH)–CH_2–OH$. Méthanol : $CH_3–OH$.

Question 1.3. En déduire la classe chimique à laquelle appartiennent ces molécules.

La présence d'un groupe hydroxyle –OH caractérise la famille des alcools. Le méthanol possède une seule fonction alcool : c'est un alcool monohydroxylé. Le glycérol en possède trois sur sa chaîne carbonée : c'est un polyalcool, plus précisément un triol. Cette classification découle directement des formules semi-développées établies précédemment.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les deux molécules sont des alcools : le méthanol est monohydroxylé et le glycérol est un triol.

Question 1.4. À l'aide de l'annexe 1, analyser les risques liés à l'utilisation du glycérol et du méthanol.

L'étiquette du méthanol présente les pictogrammes flamme, tête de mort et danger grave pour la santé. Elle signale donc un produit inflammable, toxique et susceptible d'endommager les organes. L'étiquette de glycérol reproduite ne comporte pas de pictogramme de danger. Pour le méthanol, il faut éviter inhalation, ingestion et contact cutané, éloigner toute source d'ignition et travailler avec ventilation et protections adaptées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Méthanol : inflammable, toxique et dangereux pour les organes. Le glycérol présenté ne porte pas de pictogramme de danger.

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

Les triglycérides sont des glycérolipides de réserve : leur dégradation fournit des acides gras et du glycérol utilisables dans le métabolisme. Les phospholipides sont des constituants majeurs des membranes cellulaires. Leur caractère amphiphile permet la formation d'une bicouche qui sépare les milieux et participe aux échanges sélectifs. Ces deux exemples correspondent à des rôles distincts : stockage énergétique et structure membranaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Triglycérides : réserve énergétique. Phospholipides : constituants de la bicouche des membranes cellulaires.

Question 1.6. Indiquer le compartiment cellulaire où se déroule la glycolyse.

Chez les bactéries, la glycolyse se déroule dans le cytoplasme, qui constitue le compartiment cellulaire où se trouvent les enzymes de cette voie. Elle ne nécessite pas d'organite membranaire. Le glucose y est transformé en pyruvate, avec production d'ATP et de coenzymes réduits.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La glycolyse se déroule dans le cytoplasme de la cellule bactérienne.

Question 1.7. Établir l'équation bilan de la glycolyse.

La glycolyse transforme une molécule de glucose en deux molécules de pyruvate. Son bilan net tient compte des ATP consommés au début de la voie : deux ATP sont finalement produits. Deux NAD^+ sont réduits et deux molécules d'eau sont formées. L'équation ci-dessous exprime le bilan global usuel.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Glucose + 2 NAD^+ + 2 ADP + 2 P_i → 2 pyruvates + 2 $NADH,H^+$ + 2 ATP + 2 H_2O.

Question 1.8. Préciser les devenirs du pyruvate en aérobiose et en anaérobiose.

En aérobiose, le pyruvate est transformé en acétyl-CoA, puis complètement oxydé par le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire. En anaérobiose, il peut être réduit ou transformé par fermentation en produits tels que le lactate ou l'éthanol. Ces voies fermentaires réoxydent le NADH en NAD^+, nécessaire à la poursuite de la glycolyse.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Aérobiose : oxydation via l'acétyl-CoA. Anaérobiose : fermentation, par exemple en lactate ou en éthanol.

Question 1.9. Établir l'équation bilan de la β-oxydation pour un acide gras à 18 atomes de carbone, l'acide oléique.

L'acide oléique possède 18 carbones et une double liaison. La β-oxydation libère neuf unités acétyl-CoA au cours de huit cycles. La double liaison déjà présente évite une réaction de déshydrogénation dépendante du FAD : sept $FADH_2$ sont donc produits au lieu de huit. Les huit réactions donnant du $NADH,H^+$ restent présentes. L'équation est écrite pour l'oléoyl-CoA.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oléoyl-CoA + 8 CoA-SH + 7 FAD + 8 NAD^+ + 8 H_2O → 9 acétyl-CoA + 7 $FADH_2$ + 8 $NADH,H^+$.

2. Essais en laboratoire et mise en situation sur une unité de biofiltration

Des essais comparent l'effet de différentes sources de carbone sur la vitesse de dénitrification et l'accumulation de nitrites, puis étudient le remplacement du méthanol par le glycérol en usine. Le sujet présente une installation de biofiltration en trois étages et des résultats de suivi de la DCO et des paramètres azotés.

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

La dénitrification nécessite un milieu anoxique, donc dépourvu d'oxygène dissous ou très peu oxygéné. Elle demande aussi une source de carbone organique biodégradable, utilisée par les bactéries comme donneur d'électrons et source d'énergie.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Milieu anoxique et source de carbone organique biodégradable.

Question 2.2. Préciser les caractéristiques des micro-organismes responsables de la dénitrification des eaux usées : types trophique et respiratoire, ainsi que produit formé.

Les bactéries dénitrifiantes sont hétérotrophes : elles utilisent la matière organique. Elles sont généralement anaérobies facultatives : en absence d'oxygène, elles utilisent les nitrates comme accepteurs d'électrons. La réduction des composés azotés produit principalement du diazote gazeux.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Hétérotrophes, anaérobies facultatives ; produit final principal : N_2.

Question 2.3. Citer un exemple de bactérie dénitrifiante utilisée dans le traitement des eaux usées, en se limitant au genre bactérien.

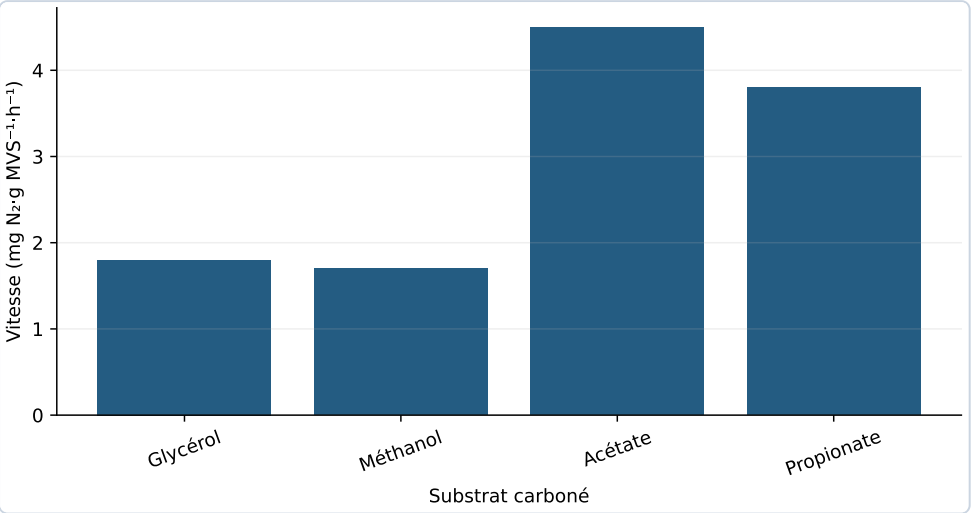
Un genre de bactéries dénitrifiantes utilisé en traitement des eaux usées est *Pseudomonas*.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> *Pseudomonas*.

Influence de la nature du substrat sur la dénitrification

Question 2.4.1. Analyser l'effet des différents substrats sur les vitesses de dénitrification à partir du graphique de l'annexe 3a.

Le graphique 3a indique une vitesse d'environ 1,8 pour le glycérol et 1,7 mg $N_2 \cdot g\ MVS^{-1} \cdot h^{-1}$ pour le méthanol. Elle est plus élevée avec le propionate (3,8) et maximale avec l'acétate (4,5). Les acides organiques sont donc dénitrifiés plus rapidement que les alcools.



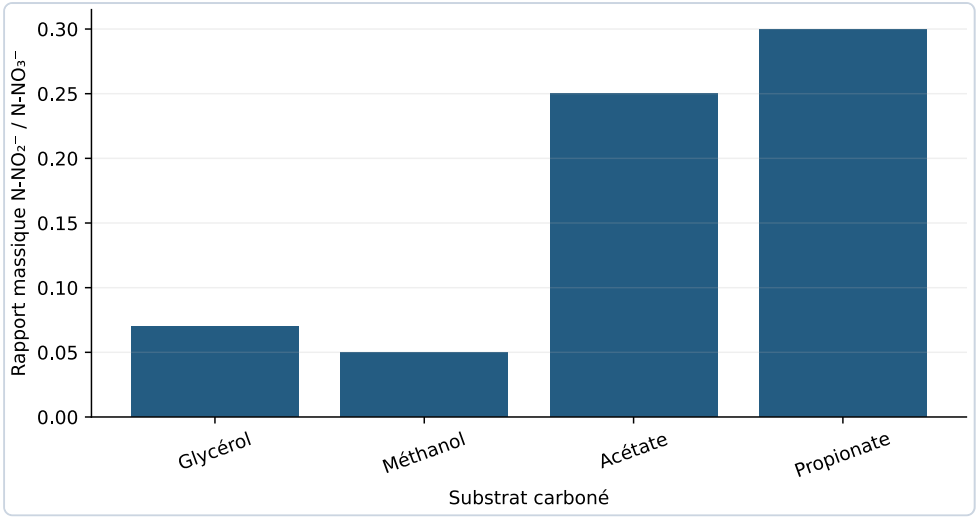
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Acétate > propionate > glycérol ≈ méthanol.

Question 2.4.2. Analyser l'effet des différents substrats sur le rapport massique $N\text{-}NO_2^-$ / $N\text{-}NO_3^-$ à partir du graphique de l'annexe 3b.

Substrat	Rapport massique $N\text{-}NO_2^-$ / $N\text{-}NO_3^-$
Glycérol	0,07
Méthanol	0,05
Acétate	0,25
Propionate	0,30

Les alcools sont associés à une accumulation de nitrites beaucoup plus faible que les acides organiques. Le méthanol donne le rapport le plus bas.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Accumulation de nitrites : propionate > acétate > glycérol > méthanol.

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

Le méthanol est un substrat de référence couramment employé. Le glycérol est testé comme substitut, car sa vitesse de dénitrification est proche de celle du méthanol et son rapport d'accumulation des nitrites reste faible. Les acides organiques sont plus rapides, mais conduisent à davantage de nitrites.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Comparer le méthanol de référence au glycérol, substitut potentiel aux performances proches et à faible accumulation de nitrites.

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

En biofiltration, l'eau usée traverse un matériau granulaire colonisé par une biomasse fixée. Le support retient les micro-organismes, qui transforment les polluants au contact de l'eau. L'aération ou l'ajout d'une source de carbone permet d'adapter les réactions biologiques aux objectifs de chaque étage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

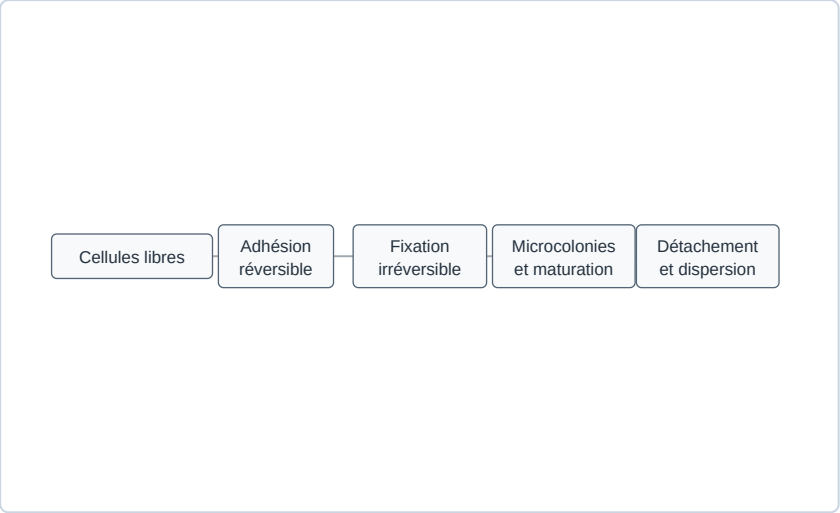
L'eau traverse un matériau granulaire portant un biofilm qui retient et transforme les polluants.

Question 2.6. **Définir un biofilm, puis réaliser un schéma annoté représentant ses principales étapes de développement.**

Un biofilm est une communauté de micro-organismes fixée à une surface et incluse dans une matrice extracellulaire qu'elle produit. Son développement suit les étapes principales ci-dessous.

1. Adhésion réversible des cellules au support.
2. Fixation irréversible et multiplication.
3. Formation de microcolonies puis maturation du biofilm.
4. Détachement d’une partie de la biomasse et dispersion.

Développement d’un biofilm



Étapes successives de colonisation et de dispersion du biofilm.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Adhésion, fixation, microcolonies, maturation, puis détachement et dispersion.

Question 2.7. Nommer les bactéries nitrifiantes, puis citer leur type respiratoire et leurs trois types trophiques respectifs.

Les bactéries nitrifiantes comprennent les bactéries oxydant l’ammonium en nitrites, comme *Nitrosomonas*, et celles oxydant les nitrites en nitrates, comme *Nitrobacter*. Elles sont aérobies strictes, chimiotrophes pour l’énergie, lithotrophes pour le donneur d’électrons et autotrophes pour leur source de carbone.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* ; aérobies, chimiotrophes, lithotrophes et autotrophes.

Question 2.8. Préciser deux conditions nécessaires à la nitrification.

La nitrification exige notamment :

- de l’oxygène dissous, nécessaire à la respiration aérobie des bactéries nitrifiantes ;
- une alcalinité suffisante et un pH favorable, proche de la neutralité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oxygène dissous et pH favorable, avec une alcalinité suffisante.

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

L'annexe 4 place l'étage de nitrification après l'étage aéré d'élimination du carbone. L'eau y est donc moins chargée en matière organique, ce qui limite la compétition des bactéries hétérotrophes. L'aération du deuxième étage apporte l'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'ammonium en nitrates, avant la dénitrification au troisième étage non aéré.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le deuxième étage aéré nitrifie une eau appauvrie en carbone avant la dénitrification au troisième étage.

Question 2.10. Analyser et interpréter les résultats de la DCO présentés en annexe 5a.

Avec le glycérol, la DCO en entrée varie fortement et reste supérieure à la DCO en sortie. Lors du passage au méthanol, l'écart entre entrée et sortie persiste. La diminution de DCO au cours du transit montre que la biomasse consomme une grande partie du substrat carboné dans l'étage de dénitrification.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La DCO diminue entre l'entrée et la sortie avec le glycérol comme avec le méthanol.

Question 2.11. Analyser les résultats concernant les paramètres azotés présentés en annexe 5b.

Les nitrates en entrée restent autour de 27 à 29 mg N/L. Avec le glycérol, les nitrates en sortie diminuent jusqu'à des valeurs proches de zéro, tandis que les nitrites apparaissent temporairement à quelques mg N/L. Après le passage au méthanol, les nitrates et les nitrites en sortie restent faibles. Les deux substrats permettent donc la dénitrification, avec une accumulation transitoire de nitrites surtout observée sous glycérol.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Forte élimination des nitrates avec les deux substrats ; accumulation transitoire de nitrites surtout avec le glycérol.

3. Étude de la biomasse épuratrice

Les essais industriels suivent l'encrassement des biofiltres et la qualité des eaux de lavage. Les observations microscopiques comparant les eaux de lavage avec méthanol et avec glycérol permettent d'identifier des éléments de la biomasse et d'examiner les effets du changement de substrat sur le fonctionnement du biofiltre.

Question 3.1. Citer deux intérêts du lavage des biofiltres.

Le lavage évacue les matières retenues et l'excès de biomasse. Il décolmate le filtre, rétablit sa perméabilité et limite les pertes de charge. Il permet aussi de recueillir la biomasse détachée pour en examiner la composition.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Décolmater le filtre et évacuer l'excès de biomasse.

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

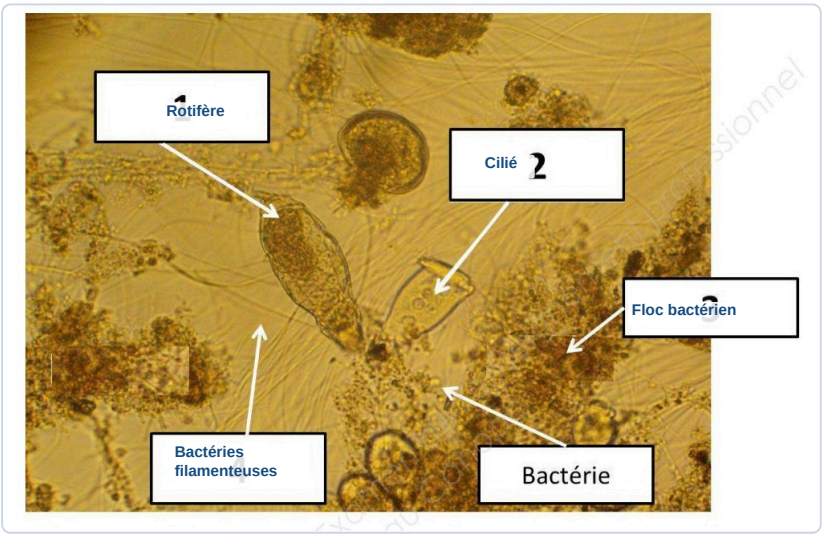
On réalise une préparation à l'état frais : une goutte d'eau de lavage est déposée sur une lame puis recouverte d'une lamelle. L'échantillon peut ainsi être observé directement au microscope optique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Préparation à l'état frais, entre lame et lamelle.

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

Sur l'image en présence de méthanol, le repère 1 désigne un rotifère et le repère 2 un cilié. Le repère 3 indique un floc bactérien. Le repère 4 pointe des bactéries filamenteuses.

Annexe 6 complétée : repères 1 à 4



✓ RÉPONSE À RETENIR

1 : rotifère ; 2 : cilié ; 3 : floc bactérien ; 4 : bactéries filamenteuses.

Question 3.4. Définir les éléments précédemment identifiés par les repères 1 à 4.

Un rotifère est un petit organisme pluricellulaire portant une couronne de cils vibratiles. Un cilié est un protozoaire unicellulaire muni de cils. Un floc bactérien est un agrégat de bactéries et de matières organiques. Les bactéries filamenteuses sont des bactéries allongées formant des chaînes ou des filaments.

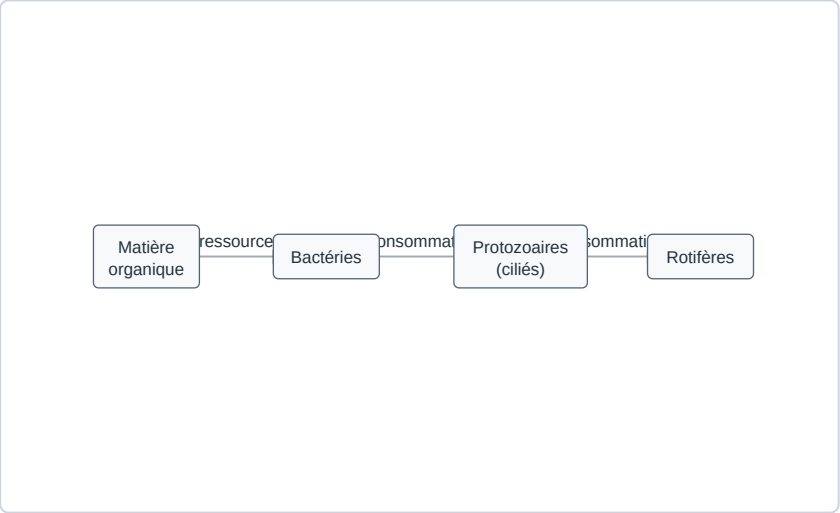
✓ RÉPONSE À RETENIR

Rotifère : organisme pluricellulaire cilié ; cilié : protozoaire ; floc : agrégat bactérien ; bactéries filamenteuses : bactéries allongées en chaînes.

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

Les bactéries utilisent la matière organique et constituent une ressource alimentaire pour les protozoaires. Ceux-ci peuvent être consommés par des organismes plus grands, notamment les rotifères. Les flèches indiquent le transfert de matière et d'énergie.

Chaîne alimentaire du biofiltre



Les flèches indiquent le transfert de matière et d'énergie.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Matière organique → bactéries → protozoaires → rotifères.

Question 3.6. Décrire et comparer les images microscopiques obtenues en présence de méthanol et en présence de glycérol, puis conclure sur l'effet du glycérol.

Avec le méthanol, l'image montre des flocs bactériens, des bactéries filamenteuses et des organismes tels qu'un cilié et un rotifère. Avec le glycérol, les filaments sont très abondants et dominent l'observation. Le glycérol est donc associé à un développement important des bactéries filamenteuses.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le glycérol est associé à une biomasse fortement filamenteuse.

Question 3.7. Indiquer une conséquence possible de l'utilisation du glycérol sur le fonctionnement du biofiltre.

Un développement important des bactéries filamenteuses peut colmater le matériau filtrant. La perméabilité diminue et les pertes de charge augmentent, ce qui peut imposer des lavages plus fréquents.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Risque de colmatage, de hausse des pertes de charge et de lavages plus fréquents.

4. Conclusion de l’étude

La dernière partie demande de synthétiser l’étude comparant le glycérol au méthanol pour la dénitrification des eaux usées par biofiltration. Les résultats et observations des parties précédentes doivent être présentés sous la forme d’un tableau d’avantages et d’inconvénients.

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

Les graphiques montrent une vitesse de dénitrification comparable avec le glycérol et le méthanol, mais un rapport de nitrites légèrement supérieur avec le glycérol. Les observations microscopiques révèlent aussi davantage de formes filamenteuses. Le bilan est donc le suivant :

Avantages	Inconvénients
Sous-produit de la fabrication des biocarburants, valorisable comme source de carbone.	Rapport d’accumulation des nitrites supérieur à celui mesuré avec le méthanol.
Vitesse de dénitrification comparable à celle obtenue avec le méthanol.	Formes filamenteuses observées, susceptibles de favoriser l’encrassement du biofiltre.
Substitution possible au méthanol, réactif inflammable et toxique.	Une DCO résiduelle reste mesurée en sortie : l’apport de carbone doit être maîtrisé.

Le glycérol est une alternative intéressante, à condition de surveiller les nitrites, la DCO et l’encrassement.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le glycérol est un sous-produit valorisable et dénitrifie aussi efficacement que le méthanol, mais il peut favoriser l’accumulation de nitrites et l’encrassement; son dosage doit être maîtrisé.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2015)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Métiers de l'eau, session 2015, code MTBBM, dure quatre heures et a un coefficient 4. Elle étudie l'utilisation du glycérol, sous-produit des biocarburants, en remplacement du méthanol pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration. Les compétences évaluées couvrent la biochimie, le métabolisme, la microbiologie, l'analyse de résultats et l'interprétation du fonctionnement des biofiltres.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La dénitrification réduit les nitrates en conditions anoxiques, grâce à une source de carbone organique, et conduit à la formation de diazote.
- La glycolyse se déroule dans le cytoplasme et transforme le glucose en pyruvate en produisant de l'ATP et du $NADH,H^+$.
- La nitrification est une oxydation aérobie de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates.
- Un biofilm est une communauté de micro-organismes fixée à un support et incluse dans une matrice qu'elle produit.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire les axes, les unités et les valeurs des graphiques avant de comparer les substrats ou de conclure.
- Distinguer les mesures en entrée et en sortie, et repérer le passage de l'alimentation au glycérol à celle au méthanol.
- Relier chaque interprétation aux mécanismes étudiés sans confondre nitrification et dénitrification.
- Annoter clairement les schémas demandés et respecter les relations de la chaîne alimentaire représentée.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment analyser les graphiques de vitesse et d'accumulation des nitrites ?

Repérez la grandeur et l'unité de chaque axe, puis comparez les valeurs des substrats. Décrivez les écarts observés et interprétez séparément la vitesse de dénitrification et le rapport des nitrites sur les nitrates.

Q : Quelle différence faut-il faire entre nitrification et dénitrification ?

La nitrification oxyde en aérobiose l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates. La dénitrification réduit les nitrates en conditions anoxiques, généralement grâce à une matière organique utilisée comme source de carbone.

Q : Comment organiser les quatre heures de l'épreuve ?

Répartissez le temps en fonction des points : 24 pour la biochimie, 34 pour les essais et la biofiltration, 18 pour la biomasse et 4 pour la conclusion. Gardez quelques minutes pour vérifier les unités et les réponses oubliées.

Q : Que doit contenir une bonne analyse des résultats ?

Identifiez les séries comparées, décrivez les tendances avec des valeurs ou des ordres de grandeur, puis proposez une interprétation cohérente avec le procédé. Distinguez clairement les observations, les comparaisons et la conclusion.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E4.1 - Projet technique et démarche QSE/2015/BTS ME - E4.1 - Projet technique et démarche QSE - Session 2015 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Métiers de l : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.