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 microbiologie des eaux - U4

Session 2019 • Code sujet : **MTBBM** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Suivi microbiologique des eaux (10 questions) **Page 3**

2. Études in vitro des effets de la carbamazépine (10 questions) **Page 7**

3. Mise en place de l'ozonation et suivi de l'état écologique du milieu récepteur (6 questions) **Page 11**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 14**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E4.1 - Projet technique et démarche QSE/2019/BTS ME - E4.1 - Projet technique et démarche QSE - Session 2019 - 1-Sujet.pdf

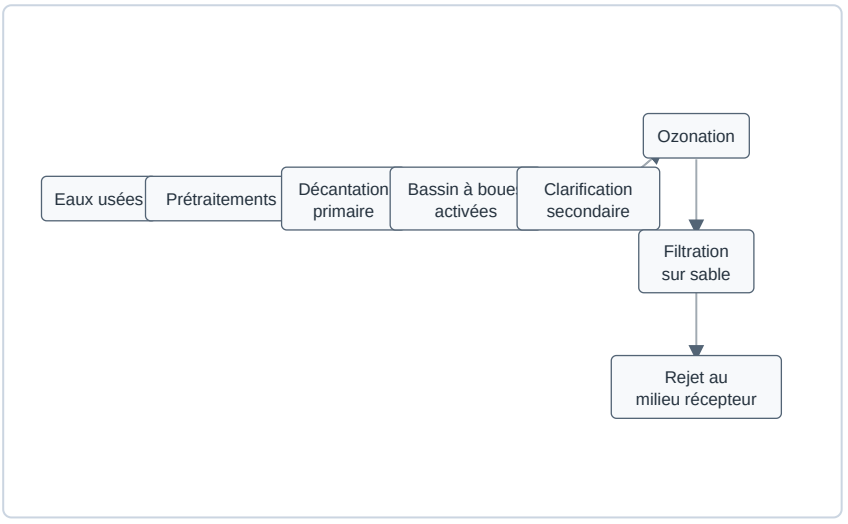
1. Suivi microbiologique des eaux

Une station d'épuration rejetant ses effluents dans une zone de baignade remplace la chloration par une ozonation suivie d'une filtration sur sable pour mieux traiter les micropolluants. L'étude porte également sur le contrôle microbiologique de l'eau par recherche et dénombrement d'Escherichia coli.

Question 1.1. Schématiser la filière eau d'une station d'épuration à boues activées en y intégrant le traitement avancé retenu.

La filière eau comprend les traitements classiques puis le traitement tertiaire demandé. Après les prétraitements et la décantation primaire, les eaux passent dans le bassin d'aération à boues activées, puis dans le clarificateur secondaire. Les boues décantées sont en partie recirculées vers le bassin d'aération ; l'effluent clarifié est ensuite ozoné, filtré sur sable et rejeté au milieu récepteur.

Filière eau avec ozonation et filtration sur sable



Traitement de l'eau et retour des boues activées vers le bassin d'aération.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Prétraitements → décantation primaire → boues activées → clarification secondaire → ozonation → filtration sur sable → rejet.

Question 1.2. Indiquer le type de réaction chimique induit par le chlore et l'ozone sur les micro-organismes.

Le chlore et l'ozone sont des oxydants. Ils provoquent des réactions d'oxydation qui altèrent des constituants essentiels des micro-organismes et perturbent leur fonctionnement. Ces lésions peuvent conduire à leur inactivation ou à leur mort.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le chlore et l'ozone désinfectent par oxydation des constituants microbiens.

Question 1.3. **Présenter sous forme d'un tableau un avantage et un inconvénient de chacun des deux désinfectants, le chlore et l'ozone, dans le cadre du traitement des eaux usées.**

Désinfectant	Avantage	Inconvénient
Chlore	Son effet rémanent protège l'eau contre une recontamination après traitement.	Il peut former des sous-produits de désinfection indésirables.
Ozone	Oxydant puissant, il agit sur de nombreux micro-organismes et micropolluants.	Il ne laisse pas d'effet rémanent et sa production est coûteuse.

Le chlore apporte donc une protection durable, tandis que l'ozone renforce l'oxydation sans protéger l'eau après son traitement.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chlore : effet rémanent, mais sous-produits possibles. Ozone : oxydation puissante, mais pas d'effet rémanent.

Question 1.4. **Définir le pouvoir pathogène.**

Le pouvoir pathogène est la capacité d'un micro-organisme à provoquer une maladie chez un hôte. Il se manifeste lorsque le micro-organisme infecte l'hôte et entraîne chez lui des effets nuisibles. L'importance de ces effets dépend notamment de la virulence du micro-organisme et de la sensibilité de l'hôte.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capacité d'un micro-organisme à provoquer une maladie chez un hôte.

Question 1.5. **Proposer trois caractéristiques d'un germe indicateur de contamination fécale (GICF).**

Un GICF doit renseigner sur une contamination fécale et sur le risque de présence de germes pathogènes associés. Il doit répondre à des critères utiles au contrôle de l'eau :

- être abondant dans les matières fécales des humains et des animaux ;
- être absent, ou très rare, dans les eaux non contaminées ;
- être facilement détectable et dénombrable, et persister dans l'eau au moins aussi longtemps que les agents pathogènes recherchés.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Abondant dans les fèces, rare en eau non contaminée, facilement détectable et dénombrable.

Question 1.6. Pour Escherichia coli, décrire les observations attendues pour la coloration de Gram, le test enzymatique et le type respiratoire.

Pour *E. coli*, les observations attendues sont :

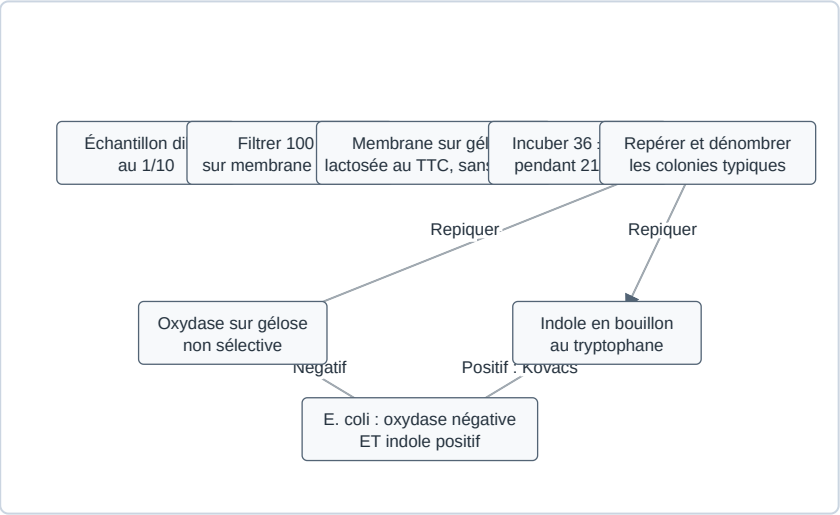
- **Coloration de Gram :** bacilles roses ou rouges après contre-coloration, donc Gram négatif.
- **Test oxydase :** réaction négative, sans coloration violette.
- **Type respiratoire :** croissance possible avec ou sans oxygène, caractéristique d'une bactérie aéro-anaérobie facultative.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Bacille Gram négatif, oxydase négative et aéro-anaérobie facultatif.

Question 1.7. Représenter sous forme de logigramme de manipulation les étapes du mode opératoire de recherche et de dénombrement d'E. coli par filtration sur membrane.

L'échantillon est dilué au dixième avant l'analyse. On filtre 100 mL sur une membrane de 47 mm et de porosité 0,45 µm, puis on la dépose sans bulles sur la gélose lactosée au TTC. Après incubation, les colonies typiques sont repiquées pour les deux tests de confirmation. L'identification d'*E. coli* exige une oxydase négative et un indole positif.

Recherche et dénombrement d'E. coli par filtration sur membrane



Pour l'oxydase : incuber à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 3 h. Pour l'indole : incuber le bouillon à 44 ± 0,5 °C pendant 21 ± 3 h, puis ajouter 0,2 à 0,3 mL de réactif de Kovacs ; une coloration rouge confirme l'indole.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Filtrer, incuber sur gélose lactosée au TTC, puis confirmer par oxydase négative et indole positif.

Question 1.8. **Expliquer la couleur de la gélose sous les colonies typiques.**

E. coli fermente le lactose présent dans la gélose. Cette fermentation produit des composés acides et abaisse le pH local. Le bleu de bromothymol, indicateur de pH de la gélose, vire alors au jaune sous la membrane. Cette couleur signale les colonies lactose positives, mais ne suffit pas à elle seule à identifier *E. coli*.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La fermentation du lactose acidifie le milieu et fait virer le bleu de bromothymol au jaune.

Question 1.9. **À l'aide des valeurs expérimentales obtenues, exprimer le résultat du dénombrement des E. coli en utilisant l'unité appropriée.**

Le tableau donne 19 colonies oxydase négative et indole positive sur la membrane. Les 100 mL filtrés correspondent à l'échantillon dilué au dixième, donc à 10 mL d'eau initiale. Pour exprimer le résultat dans 100 mL d'eau initiale, on multiplie le dénombrement par 10 : 19 × 10 = 190 UFC/100 mL.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 190 UFC d'E. coli/100 mL d'eau.

Question 1.10. **Conclure sur la qualité microbiologique de l'eau testée.**

Le résultat est de 190 UFC d'*E. coli*/100 mL. Dans l'annexe 2, la valeur limite indiquée pour la qualité excellente est de 500 UFC/100 mL. Le dénombrement est inférieur à cette valeur : selon le critère *E. coli* présenté, l'eau répond donc au niveau de qualité excellente.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Qualité excellente selon le critère E. coli : 190 UFC/100 mL, sous la valeur de 500 UFC/100 mL.

2. Études in vitro des effets de la carbamazépine

L'étude évalue les effets de la carbamazépine sur la croissance de l'algue Chlorella vulgaris et sur des biofilms naturels prélevés en rivière. Les documents supports comprennent des courbes de croissance et des observations microscopiques comparant des biofilms témoins à des biofilms exposés au micropolluant.

Étude 1 : effet sur Chlorella vulgaris

Question 2.1. Indiquer le type trophique de Chlorella vulgaris en précisant sa source de carbone.

Chlorella vulgaris est photoautotrophe : elle utilise le dioxyde de carbone (CO_2), source minérale de carbone, pour synthétiser sa matière organique par photosynthèse.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Photoautotrophe : le CO_2 est sa source de carbone.

Question 2.2. Nommer l'organite responsable de la photosynthèse.

La photosynthèse se déroule dans les **chloroplastes**, qui contiennent les pigments capables de capter l'énergie lumineuse.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le chloroplaste.

Question 2.3. Expliquer l'intérêt de comparer les deux cultures, l'une réalisée en présence de carbamazépine et l'autre en son absence.

La culture sans carbamazépine sert de témoin. La comparaison des deux cultures, conduites dans les mêmes conditions, permet d'attribuer au micropolluant les différences de croissance observées chez *Chlorella vulgaris*.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Évaluer l'effet propre de la carbamazépine sur la croissance de l'algue.

Question 2.4. **À partir de la courbe de croissance en absence de carbamazépine, indiquer dans un tableau, pour chacune des cinq phases observées, le nom de la phase, sa durée et l'évolution de la vitesse spécifique de croissance μ.**

Phase	Durée approximative lue sur la courbe	Évolution de μ
Latence	0 à 2 j : 2 j	Très faible, puis augmente
Accélération	2 à 3 j : 1 j	Augmente
Exponentielle	3 à 5 j : 2 j	Maximale et à peu près constante
Ralentissement	5 à 7 j : 2 j	Diminue jusqu'à zéro
Stationnaire	7 à 10 j : 3 j	Nulle

Les limites des phases sont estimées à partir de la courbe en absence de carbamazépine.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Latence : 2 j ; accélération : 1 j ; exponentielle : 2 j ; ralentissement : 2 j ; stationnaire : 3 j.

Question 2.5. **Comparer et commenter les vitesses spécifiques maximales de croissance obtenues en présence et en absence de carbamazépine.**

Sans carbamazépine, μmax vaut 2 j^{-1} ; avec carbamazépine, elle vaut 0,66 j^{-1}. La vitesse maximale est donc environ trois fois plus faible en présence du micropolluant, ce qui montre une forte inhibition de la croissance de l'algue.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> μmax diminue d'environ 67 % en présence de carbamazépine.

Étude 2 : effet sur des biofilms naturels

Question 2.6. **Proposer une définition d'un biofilm.**

Un biofilm est une communauté de micro-organismes adhérant à une surface et englobée dans une matrice qu'ils produisent, composée notamment d'exopolymères (EPS).

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Communauté microbienne fixée à une surface et incluse dans une matrice d'EPS.

Question 2.7. Énumérer et expliquer succinctement les étapes de formation d'un biofilm.

1. **Conditionnement :** des molécules se déposent sur la surface.
2. **Adhésion :** des micro-organismes s'y fixent, d'abord de manière réversible puis durable.
3. **Colonisation et maturation :** ils se multiplient, s'agrègent et produisent des EPS, formant un biofilm organisé.
4. **Dispersion :** des cellules se détachent et colonisent d'autres surfaces.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Conditionnement, adhésion, colonisation et maturation avec production d'EPS, puis dispersion.

Question 2.8. Dans le cadre de cette étude, citer l'avantage que les micro-organismes retirent de leur organisation en biofilm.

La vie en biofilm protège les micro-organismes des conditions défavorables et peut limiter leur exposition aux substances toxiques. La matrice d'EPS contribue à cette protection.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le biofilm protège les micro-organismes et favorise leur persistance face aux toxiques.

Question 2.9. Comparer, pour chacun des marquages étudiés, les résultats de microscopie des biofilms observés en absence et en présence de carbamazépine.

Marquage	Sans carbamazépine	Avec carbamazépine
Rouge : EPS	Signal intense, avec des amas marqués	Signal moins regroupé, plus diffus
Vert : bactéries	Signal localisé en amas visibles	Signal plus diffus et réparti
Bleu : organismes photosynthétiques	Structures et filaments bien visibles	Signal plus faible, structures moins nombreuses et plus dispersées

Les images montrent surtout une modification de l'organisation des signaux ; leur intensité et leur répartition varient selon le marquage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La carbamazépine modifie les signaux EPS et bactériens, et réduit les structures photosynthétiques visibles.

Question 2.10. Interpréter les observations microscopiques et formuler une conclusion.

Les différences de fluorescence indiquent que la carbamazépine modifie l'architecture et la composition du biofilm : les signaux sont moins organisés et les organismes photosynthétiques sont moins visibles. Le biofilm n'est toutefois pas totalement absent. À la concentration étudiée de 10 µg/L, la carbamazépine perturbe donc la communauté microbienne du biofilm.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 10 µg/L, la carbamazépine perturbe la structure et la composition du biofilm.

3. Mise en place de l’ozonation et suivi de l’état écologique du milieu récepteur

L’écotoxicité de la carbamazépine est évaluée sur quatre organismes aquatiques appartenant à différents niveaux trophiques, puis les résultats sont reliés à leur place dans la chaîne alimentaire. L’effet de l’ozonation sur la qualité biologique de la rivière en sortie de station d’épuration est étudié en comparant les IBGN avant et après traitement.

Question 3.1. Proposer une définition des trois termes soulignés dans la présentation des organismes étudiés.

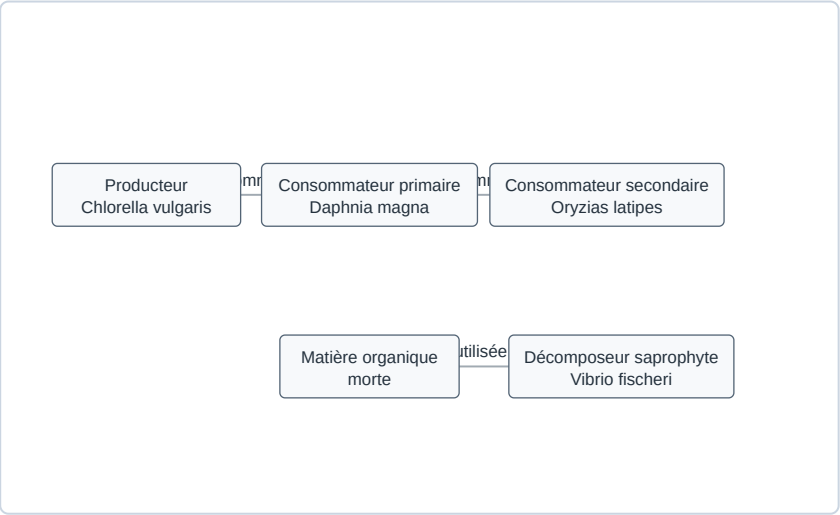
Saprophyte : organisme qui utilise comme nourriture la matière organique morte ou en décomposition. **Photoautotrophe :** organisme qui fabrique sa matière organique à partir de matière minérale, notamment du dioxyde de carbone, en utilisant l’énergie lumineuse. **Zooplancton :** ensemble des organismes animaux vivant en suspension ou dérivant dans la colonne d’eau. Ces définitions précisent respectivement le mode de nutrition de la bactérie, celui de l’algue et le groupe auquel appartient le microcrustacé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Saprophyte : se nourrit de matière organique morte ; photoautotrophe : utilise la lumière et le CO_2 ; zooplancton : organismes animaux planctoniques.

Question 3.2. Schématiser la chaîne alimentaire et associer à chaque niveau trophique l’une des quatre espèces mentionnées : Vibrio fischeri, Chlorella vulgaris, Daphnia magna et Oryzias latipes.

Chlorella vulgaris est le producteur primaire : l’algue photosynthétique produit de la matière organique. *Daphnia magna*, qui appartient au zooplancton, est placée comme consommateur primaire, puis le poisson *Oryzias latipes* comme consommateur secondaire. *Vibrio fischeri* est une bactérie saprophyte : elle ne constitue pas un maillon prédateur de cette chaîne, mais utilise la matière organique morte. Le schéma distingue donc la chaîne de consommation et le rôle de décomposition.

Chaîne alimentaire et rôle de la bactérie saprophyte



Les flèches de la chaîne indiquent le transfert de matière vers le consommateur. La bactérie utilise la matière organique morte.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Chlorella vulgaris → *Daphnia magna* → *Oryzias latipes* ; *Vibrio fischeri* décompose la matière organique morte.

Question 3.3. Analyser les résultats d'écotoxicité fournis et conclure sur l'espèce la plus sensible à la carbamazépine.

L'EC_{50} est la concentration provoquant l'effet observé chez la moitié des organismes testés. Plus elle est faible, plus l'espèce est sensible. Les valeurs sont de 64,3 mg/L pour *Vibrio fischeri*, 36,6 mg/L pour *Chlorella vulgaris*, 97,8 mg/L pour *Daphnia magna* et 35,4 mg/L pour *Oryzias latipes*. La plus faible valeur désigne donc le poisson comme l'espèce la plus sensible. D'après la classification fournie, les quatre EC_{50} appartiennent à la catégorie « nuisible » (de 10 à 100 mg/L).

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oryzias latipes est la plus sensible : son EC_{50} est la plus faible, à 35,4 mg/L.

Question 3.4. Expliquer quelle serait, dans l'écosystème, la conséquence sur la chaîne alimentaire de la disparition de cette espèce.

La disparition de l'espèce la plus sensible, *Oryzias latipes*, supprimerait un consommateur de *Daphnia magna*. En l'absence de ce prédateur, les daphnies pourraient devenir plus abondantes et consommer davantage de *Chlorella vulgaris*. La diminution des algues et l'augmentation des daphnies perturberaient alors les niveaux trophiques situés en amont. Il s'agit d'une conséquence probable, dont l'ampleur dépendrait aussi des autres espèces et relations alimentaires présentes dans la rivière.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La disparition du poisson peut favoriser les daphnies, réduire les algues et déséquilibrer la chaîne alimentaire.

Question 3.5. À partir du tableau 1, déterminer la variété taxonomique Σt avant et après la mise en place de l'ozonation. Déterminer le groupe faunistique indicateur GI dans les deux situations en croisant les tableaux 1 et 2, puis en déduire les deux IBGN correspondants.

La variété Σt compte tous les taxons présents, même s'ils ne sont représentés que par un individu : le décompte donne 21 avant et 34 après ozonation. Pour le GI, les taxons doivent atteindre le seuil indiqué dans le tableau 2 : au moins 3 individus, ou 10 pour ceux portant la note 1. Avant, les effectifs significatifs de GI 6 et GI 5 manquent ; *Psychomyidae* donne le premier GI retenu, soit 4. Après, *Sericostomatidae* atteint 12 individus et donne GI 6. Le croisement de chaque GI avec la colonne de Σt donne les notes IBGN.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Avant : Σt = 21, GI = 4, IBGN = 10. Après : Σt = 34, GI = 6, IBGN = 15.

Question 3.6. Conclure sur la qualité biologique du milieu récepteur étudié et sur l'intérêt de l'ozonation dans l'élimination des micropolluants, à l'aide des données et de la grille d'interprétation de l'IBGN.

La note passe de 10 avant ozonation à 15 après traitement. Selon la grille, le milieu passe ainsi d'une qualité passable à une qualité bonne : son état biologique s'améliore. Cette évolution est cohérente avec l'intérêt de l'ozonation pour les micropolluants : le sujet indique un rendement supérieur à 70 % pour les procédés tertiaires avancés, contre moins de 30 % pour les traitements primaire et secondaire sur la carbamazépine. L'IBGN traduit l'évolution biologique du milieu, mais ne mesure pas directement la concentration en micropolluants.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Après ozonation, la qualité passe de passable (IBGN 10) à bonne (IBGN 15), cohérente avec un rendement annoncé supérieur à 70 %.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de BTS Métiers de l'eau, session 2019, code MTBBM, U4, d'une durée de 4 heures et de coefficient 4. Le sujet étudie l'impact de la carbamazépine dans les eaux et l'intérêt de l'ozonation. Il évalue le suivi microbiologique, l'analyse de croissance et de biofilms, l'écotoxicité, les chaînes trophiques et la détermination de l'IBGN.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour E. coli, l'identification repose sur une réaction oxydase négative et une réaction indole positive.
- Une valeur d'EC50 plus faible correspond à une sensibilité plus élevée à la substance testée.
- La vitesse spécifique de croissance μ caractérise l'évolution de la croissance par unité de biomasse et de temps.
- L'IBGN se détermine en croisant la variété taxonomique Σt avec le groupe faunistique indicateur GI.

Points de vigilance & attentes du jury

- Pour le dénombrement, tenir compte de la dilution de l'échantillon et exprimer le résultat par 100 mL.
- Distinguer les coliformes, oxydase négative, d'E. coli, oxydase négative et indole positive.
- Pour déterminer le GI, respecter les seuils d'effectifs et examiner les groupes indicateurs du GI 9 au GI 1.
- Comparer les EC50 dans la même unité : la valeur la plus faible désigne l'organisme le plus sensible.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exprimer le dénombrement d'E. coli après dilution et filtration ?

On compte les colonies confirmées comme E. coli, puis on corrige le résultat selon la dilution et le volume filtré. Ici, 100 mL de l'échantillon dilué dix fois sont filtrés, et le résultat s'exprime en UFC pour 100 mL d'échantillon initial.

Q : Comment repérer l'organisme le plus sensible à la carbamazépine ?

Comparez les valeurs d'EC50 obtenues pour les organismes. L'EC50 est la concentration qui provoque l'effet retenu chez la moitié des organismes testés ; la plus petite valeur indique la plus grande sensibilité.

Q : Quelles données faut-il utiliser pour calculer l'IBGN ?

Il faut compter les taxons pour obtenir Σt, puis déterminer le GI à partir des taxons indicateurs respectant leurs seuils d'effectifs. L'IBGN se lit ensuite dans le tableau qui croise Σt et GI.

Q : Comment déterminer le groupe faunistique indicateur sans retenir un taxon insuffisamment représenté ?

Le seuil dépend du taxon : certains doivent compter au moins 10 individus, les autres au moins 3. Parcourez les groupes indicateurs du GI 9 au GI 1 et retenez le premier taxon présent en effectif suffisant.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E4.1 - Projet technique et démarche QSE/2019/BTS ME - E4.1 - Projet technique et démarche QSE - Session 2019 - 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.