



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BTS MÉTIERS DE L'EAU

BIOCHIMIE BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE DES EAUX – U. 4

SESSION 2012

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

Toute calculatrice est interdite.

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.

ÉTUDE DE LA CONTAMINATION D'UNE CULTURE DE GRAINES GERMÉES

Une épidémie sévit actuellement sur le territoire. Les symptômes de la maladie sont notamment des crampes abdominales et des diarrhées susceptibles d'évoluer vers des diarrhées sanglantes (colite hémorragique). De la fièvre et des vomissements peuvent également être observés.

L'investigation menée par les autorités a montré que les agents pathogènes se trouvent dans des graines germées. Les semences ont pu être contaminées dans les champs ou au cours de la récolte, de la conservation ou du transport. En effet, pendant la germination, quand se forme la plantule, un petit nombre d'agents pathogènes, présents à la surface des graines, peuvent se développer rapidement et devenir suffisamment nombreux pour provoquer une maladie.

1. Étude des agents pathogènes (31 points)

Les bactéries pathogènes isolées sont des bacilles hétérotrophes, Gram négatif, oxydase négative, aérobie anaérobie facultatif. La température optimale de croissance de ces bactéries est 37 °C, mais elles peuvent également survivre jusqu'à 50 °C.

- 1.1 **Citer** les étapes de la coloration de Gram et en **dégager** le principe en s'appuyant sur la structure de la paroi bactérienne.
Préciser le résultat obtenu avec la bactérie isolée.
- 1.2 **Expliquer** comment déterminer le type respiratoire d'une bactérie (milieu, utilisation et principe).
Schématiser le résultat du test obtenu avec cette bactérie.
- 1.3 **Présenter**, à l'aide de schémas, les voies métaboliques utilisées pour produire de l'énergie en présence et en absence d'oxygène.
- 1.4 **Préciser** le comportement de la bactérie vis-à-vis de la température.
- 1.5 **Nommer** la famille de la bactérie. **Justifier**.

La bactérie se développe sur milieu Drigalski (voir composition **ci-dessous**) dont elle fait virer la coloration du vert au jaune.

Composition du milieu Drigalski pH 7,4	
Peptone	15 g/L
Extrait de viande	3 g/L
Extrait de levure	3 g/L
Lactose	15 g/L
Désoxycholate de sodium	1 g/L
Cristal violet	0,005 g/L
Bleu de bromothymol	0,08 g/L
Thiosulfate de sodium	1 g/L
Agar	11 g/L

- 1.6 **Justifier** le rôle de l'agar.
- 1.7 **Définir** une enzyme.

La β -galactosidase est l'enzyme permettant d'orienter l'identification de la bactérie isolée.

- 1.8 **Citer** le substrat de cette enzyme et **préciser** la cause du changement de coloration du milieu Drigalski.

L'identification complète de la bactérie conduit à la souche *Escherichia coli* O104 : H4. Il s'agit d'une souche d'*E.coli* entérohémorragique (ECEH) responsable de toxi-infections alimentaires (TIA) graves. ECEH fabrique des toxines, connues sous le nom de vérotoxines ou de toxines de type Shiga, en raison de leur similitude avec les toxines élaborées par *Shigella dysenteriae*.

- 1.9 **Définir** une toxine.

Suite à l'identification de la bactérie, les autorités décident de faire une recherche de germes témoins de contamination fécale dans l'eau d'arrosage des graines. On recherche alors par la technique de filtration sur membrane *Escherichia coli* et les *Streptocoques fécaux*.

- 1.10 **Définir** « germes témoins de contamination fécale ».

- 1.11 **Expliquer** le but de la recherche de ces germes.

Les résultats obtenus après filtration de 100 mL d'eau d'arrosage, sont les suivants :

Microorganismes recherchés	<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptocoques fécaux</i>
Milieu présomptif (UFC)	> 100	42
Milieu confirmatif (UFC)	> 100	36

- 1.12 **Définir** les termes « milieu présomptif » et « milieu confirmatif ».

- 1.13 **Calculer** la concentration bactérienne de l'eau d'arrosage quand cela est possible et **conclure** quant au dénombrement des germes recherchés.

2. Impact écologique de la station d'épuration (29 points)

L'eau d'arrosage provient d'une rivière, qui passe à proximité des installations de germination de graines (voir **annexe 1 page 6/12**). Les eaux de rejet d'une station d'épuration (STEP) en amont de la culture sont alors suspectées.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de rivière aux différents points de prélèvement sont présentés dans l'**annexe 2 page 6/12**.

- 2.1 **Définir** la DBO₅.

- 2.2 **Interpréter** l'évolution des paramètres de l'**annexe 2**.

L'impact écologique d'une STEP peut être également évalué en étudiant les différents organismes présents dans le milieu aquatique après le rejet d'eau traitée. On parle alors d'indices biologiques.

Une première étude est effectuée pour évaluer l'indice poisson-rivière en sortie de STEP (voir **annexe 3 et annexe 4, page 7 et 8/12**).

- 2.3 **Définir** le terme « taxon ».

- 2.4 **Définir** la notion de type trophique. **Donner** un exemple.

- 2.5 **Citer** les quatre espèces principales qui ont la probabilité de présence théorique la plus élevée à l'aide du **tableau 1** de l'**annexe 4**.
- 2.6 **Conclure** quant aux espèces réellement trouvées.
- 2.7 **Commenter** les résultats du **tableau 2** de l'**annexe 4**.
- 2.8 **Donner** le résultat de l'IPR. **Conclure** quant à la qualité du milieu étudié.

Une deuxième étude est réalisée afin de déterminer les IBGN au point P1 (amont de la STEP), P2 (100 m en aval de la STEP) et P3 (10 km en aval de la STEP).

- 2.9 **Préciser** la démarche de réalisation d'un IBGN.
- 2.10 **Déterminer** l'IBGN au niveau du point de prélèvement P1 à l'aide des documents des **annexes 5 et 6 (pages 9 et 10/12)**.
- 2.11 **Conclure** sur l'évolution des IBGN et l'impact de la STEP, à l'aide des données suivantes :

	P1	P2	P3
IBGN	Calculé en 2.10	4/20	15/20

3. Traitement correctif envisageable (20 points)

Suite au problème survenu dans l'exploitation de graines germées et au vue des analyses de qualité de l'eau de rivière en sortie de STEP, la police de l'eau réalise des analyses en entrée et en sortie au niveau de la STEP afin d'effectuer un bilan 24 h.

*Les résultats obtenus sont consignés en **annexe 7 page 11/12**.*

- 3.1 **Analyser** les résultats obtenus pour l'eau brute en tenant compte de la capacité nominale de la station.
- 3.2 **Analyser** les résultats obtenus pour l'eau traitée en tenant compte de l'arrêté préfectoral auquel la station est soumise.

Par ailleurs il est demandé à la STEP de réfléchir à la mise en place d'un traitement de désinfection de l'effluent traité afin d'éviter une future contamination bactérienne.

- 3.3 **Citer** les choix possibles pour le traitement de désinfection avant le rejet en rivière.
- 3.4 **Construire** un tableau comparant ces traitements en termes d'avantages et d'inconvénients.

Finalement, compte tenu de l'urgence de la situation, un traitement à l'eau de javel est décidé afin d'éliminer 99 % d'E. coli.

- 3.5 À l'aide de l'**annexe 8 (page 12/12)**, **définir** le C.t et **préciser** sa valeur quand l'eau de javel est utilisée pour éliminer 99 % d'E. coli.
- 3.6 **Préciser** la forme active de l'eau de javel.

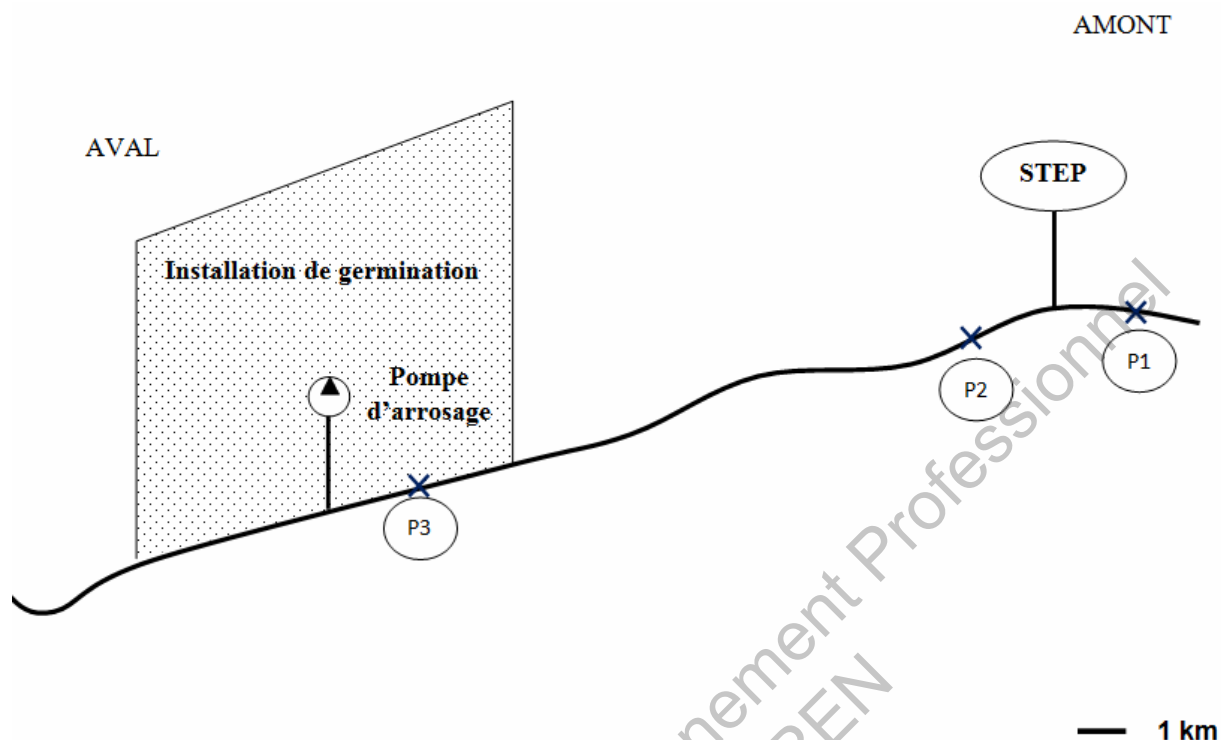
Dans le traitement de chloration prévu, de l'eau de javel à 100 mg Cl₂/L serait injectée dans une bêche de chloration à l'aide d'une pompe doseuse.

- 3.7 À partir du débit moyen journalier de la STEP, **calculer** le débit de la pompe doseuse d'eau de Javel nécessaire pour cette chloration (en L/h), pour un temps de contact de 10 minutes.
- 3.8 **Indiquer** à quel groupe de micro-organismes appartient *Giardia intestinalis*. **Préciser** le type de cellule dont il s'agit et **donner** les caractéristiques principales de ce type de cellule.

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Annexe 1

Schéma simplifié de la zone concernée



Annexe 2

Résultats des mesures physico-chimiques et microbiologiques effectuées en différents points de prélèvement

	P1	P2	P3
Température (°C)	8	8	7
Turbidité (NTU)	8,5	24,3	10,5
[O ₂ dissous] (mg O ₂ /L)	12,2	3,4	11,1
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	5	26	6
NO ₃ ⁻ (mg/L)	3	15	12
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1	4	2
<i>Escherichia coli</i> (UFC/ 100 mL)	345	5800	2250

Annexe 3

L'indice poisson-rivière (IPR)

Source : Office National de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA)

Un des indices biologiques qui peut être utilisé pour étudier la qualité d'une eau est l'indice poisson-rivière (IPR). Cet indice repose sur l'étude des poissons présents sur le site étudié. La mise en œuvre de l'IPR consiste globalement à mesurer l'**écart** entre la composition d'un site étudié, déterminée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique, et la composition du peuplement attendue en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions pas ou peu modifiées par l'homme.

La détermination de l'IPR repose sur l'analyse de nombreux paramètres (métriques) comme la composition taxonomique, la structure trophique et l'abondance des espèces, et nécessite l'application de modèles mathématiques.

La note globale de l'IPR tient compte de l'ensemble des paramètres et permet de définir cinq classes de qualité du milieu étudié.

Note de l'IPR	Classe de qualité
< 7	Excellente
] 7 – 16]	Bonne
]16 – 25]	Médiocre
] 25 – 36]	Mauvaise
> 36	Très mauvaise

Annexe 4

Détermination de l'IPR (sortie de STEP)

Les poissons capturés lors de la pêche électrique et la synthèse des résultats pour la détermination de l'IPR sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau 1 – Effectifs capturés et présence théorique des espèces dans la rivière étudiée.

Nom commun	Effectif capturé	Probabilité de présence théorique dans la rivière étudiée
Ablette	0	0,0319
Anguille	0	0,3936
Barbeau	0	0,0424
Blageon	0	0,0066
Bouvière	0	0,0372
Brochet	3	0,2977
Carassins	4	0,0259
Carpe	1	0,094
Chabot	0	0,9044
Chevaine	0	0,5339
Épinoche	363	0,4158
Épinochette	0	0,7057
Gardon	30	0,5383
Goujon	26	0,4935
Loche franche	32	0,8437
Lote	0	0,2203
Lamproie	0	0,3925
Poisson-chat	0	0,0461
Perche	2	0,2998
Rotengle	10	0,1077
Tanche	13	0,0704
Truite	0	0,6406
Vairon	0	0,7291
Vandoise	0	0,2041

Tableau 2 – Synthèse des résultats.

Métrique	Valeur observée	Valeur théorique	Probabilité	Score associé
Nombre total d'espèces	10	8,2792	0,3167	2,299
Nombre d'espèces rhéophiles	0	2,1208	0,0149	8,407
Nombre d'espèces lithophiles	0	2,8442	0,0048	10,692
Densité d'individus tolérants	1,3169	0,0686	0,0382	6,53
Densité d'individus invertivores	0,1138	0,1194	0,4872	1,438
Densité d'individus omnivores	1,3877	0,0238	0,0037	11,175
Densité totale d'individus	1,5169	0,3826	0,1632	3,626
Valeur totale de l'IPR				44,168

N.B : espèce rhéophile : espèce vivant dans la masse d'eau des torrents espèce lithophile : espèce vivant dans un biotope rocheux.

Annexe 5

Liste des invertébrés benthiques récoltés en P1 (amont de la STEP)

Peuplement invertébré	GI	Nombre d'individus par taxon
INSECTES		
PLÉCOPTÈRES		
<i>Leuctridæ</i>	7	1
<i>Nemouridæ</i>	6	4
TRICHOPTÈRES		
<i>Hydropsychidæ</i>	3	1
<i>Hydroptilidæ</i>	5	2
<i>Leptoceridæ</i>	4	2
ÉPHÉMÉROPTÈRES		
<i>Bætidæ</i>	2	2
<i>Cænidæ</i>	2	2
<i>Ephemerellidæ</i>	4	2
<i>Heptageniidæ</i>	5	2
HÉTÉROPTÈRES		
<i>Gerridæ</i>		3
<i>Nepidæ</i>		1
<i>Veliidæ</i>		2
COLÉOPTÈRES		
<i>Dytiscidæ</i>		1
<i>Elmidæ</i>	2	3
<i>Gyrinidæ</i>		1
<i>Helophoridæ</i>		1
<i>Hydrænidæ</i>		3
DIPTÈRES		
<i>Anthomyiidæ</i>		2
<i>Ceratopogonidæ</i>		1
<i>Chironomidæ</i>	1	4
<i>Limonidæ</i>		1
<i>Simuliidæ</i>		4
<i>Tabanidæ</i>		3
<i>Tipulidæ</i>		1
ODONATES		
<i>Æschnidæ</i>		1
<i>Lestidæ</i>		2
CRUSTACES		
DÉCAPODES		
<i>Astacidæ</i>		1
MOLLUSQUES		
GASTÉROPODES		
<i>Ancylidæ</i>	2	4
<i>Bithynidæ</i>	2	1
<i>Hydrobiidæ</i>	2	3
<i>Planorbidæ</i>	2	2
VERS		
ACHÉTÉS		
<i>Erpobdellidæ</i>	1	2
<i>Glossiphoniidæ</i>	1	1
OLIGOCHETES		
NÉMATHELMINTHES		
HYDRACARIENS		
HYDROZOAIRE		

Annexe 6

Extrait de la norme de détermination de l'IBGN (NF T 90-350)

Taxons	$\frac{\Sigma t}{GI}$	>50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
		45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1	
<i>Chloroperlidæ</i> <i>Perlidæ</i> <i>Perlodidæ</i> <i>Tæniopierygidæ</i>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<i>Capniidæ</i> <i>Brachycentridæ</i> <i>Odontoceridæ</i> <i>Philopotamidæ</i>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<i>Leuctridæ</i> <i>Glossosomstidæ</i> <i>Beræidæ</i> <i>Gœridas</i> <i>Leptophlebiidæ</i>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<i>Nemouridæ</i> <i>Lepidostomatidæ</i> <i>Sericostomatidæ</i> <i>Ephemeridæ</i>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<i>Hydroptilidæ</i> <i>Heptageniidæ</i> <i>Polymitarcidæ</i> <i>Potamanthidæ</i>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<i>Leptoçeridæ</i> <i>Polycentropodidæ</i> <i>Psychomyidæ</i> <i>Rhyacophilidæ</i>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<i>Limnephilidæ</i> ¹⁾ <i>Hydropsychidæ</i> <i>Ephemereillidæ</i> ¹⁾ <i>Aphelocheiridæ</i>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Bætidæ</i> ¹⁾ <i>Cænidæ</i> ¹⁾ <i>Eimidæ</i> ¹⁾ <i>Gammaridæ</i> ¹⁾ <i>Mollusques</i>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>Chironomidæ</i> ¹⁾ <i>Asellidæ</i> ¹⁾ <i>Achètes</i> <i>Oligochètes</i> ¹⁾	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

1) Taxons représentés par au moins 10 Individus - Les autres le sont par au moins 3 individus.

Déterminer :

- la variété taxonomique de l'échantillon (Σt), égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu (abscisse du tableau) ;
- le groupe faunistique indicateur (GI) en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon par au moins trois individus ou 10 individus selon les taxons (**voir note du tableau**).

La détermination du GI s'effectue en prospectant l'ordonnée du tableau de haut en bas (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou > 10 individus) d'un taxon du répertoire figurant en ordonnée du tableau.

Déduire l'IBGN du tableau à partir de son abscisse (Σt) et de son ordonnée (GI).

Par exemple : Si GI = 8 et $\Sigma t = 33$ alors IBGN = 17 ; Si GI = 5 et $\Sigma t = 30$ alors IBGN = 13 ; Si GI = 3 et $\Sigma t = 14$ alors IBGN = 7.

Annexe 7

Présentation de la STEP

La STEP reçoit les eaux usées d'une ville de 7500 habitants. Le réseau est de type séparatif. La station est située en zone sensible à l'azote et au phosphore.

La filière de traitement est de type boues activées en aération prolongée. Après les étapes de prétraitements, les eaux prétraitées arrivent dans un bassin d'aération de 2200 m³ puis dans un clarificateur de 750 m³. Les eaux traitées sont ensuite rejetées dans la rivière.

Les boues en excès sont épaissies puis déshydratées par centrifugation. Elles sont ensuite stockées avant épandage agricole.

Capacité nominale des ouvrages :

Volume journalier	990 m ³ /j
Débit de pointe	90 m ³ /h
DBO₅	310 kg/j
DCO	630 kg/j
MES	450 kg/j
NGL	45 kg/j
Pt	9 kg/j

Extrait de l'arrêté préfectoral renforçant celui du 22 Juin 2007 concernant les performances minimales de la station d'épuration étudiée :

Paramètre	Concentration maximale à ne pas dépasser	Rendement minimum à atteindre
DBO₅	25 mg/L	70 %
DCO	125 mg/L	75 %
MES	35 mg/L	90 %
NGL	15 mg/L	70 %
Pt	2 mg/L	80 %

Les rejets sont conformes en concentration maximale ou en rendement.

Résultat du bilan 24 h réalisé par la police de l'eau :

Débit moyen enregistré : 1000 m³/j

Paramètre	Eaux brutes	Eau traitée	Rendement
DBO₅	321 mg/L	48 mg/L	85 %
DCO	685 mg/L	120 mg/L	82 %
MES	421 mg/L	39 mg/L	91 %
NGL	61 mg/L	27 mg/L	56 %
Pt	10 mg/L	6 mg/L	?

Annexe 8
Valeurs des C.t pour une inactivation à 99 % à 20 °C

Désinfectant	<i>E.coli</i> (mg.min.L ⁻¹)	<i>Giardia intestinalis</i> (mg.min.L ⁻¹)	<i>Poliovirus 1</i> (mg.min.L ⁻¹)
Eau de javel	0,24	39	1,8
Chloramines formées d'avance	95 – 180	1470	768 – 3740
Dioxyde de chlore	0,4 – 0,75	17	0,2 – 6,7
Ozone	0,02	1,3	0,1 – 0,2

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN