



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

session 2011

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

Exercice 1 (10 pts)

	Réponses	Barème	Commentaires
A) Autour de l'ion hydrogénocarbonate			
1)	24 électrons périphériques soit 12 doublets. Faire apparaître les doublets liants, non liants et la charge -.	1	On compte 0,5 pt pour le nombre de doublets.
2)			
2.1)	$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]}$ $K_{a2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$	2 × 0,25	
2.2)	$K_{a1} \times K_{a2} = [\text{H}_3\text{O}^+]^2$ avec d'après la RP $[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]$ $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_{a1} K_{a2}}$ $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2})$	0,25 0,25 0,25	Expression du pH non exigée.
2.3)	AN pH = 8,3 (ou 8,4)	0,25	
3)			
3.1)	<p>À pH = 8,3 HCO_3^- est l'espèce majoritaire.</p>	0,5 (diagramme) 0,25	
3.2)	$\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ = \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	0,5	
3.3)	$K = \frac{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]}{[\text{HCO}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = 1/K_{a1} = 10^{6,4} > 10^4$. La réaction est totale (quantitative).	0,5 0,25	
3.4)	Pour doser 50 mL d'eau, il faut 17,5 mL d'acide chlorhydrique à 0,020 mol/L donc pour en doser 100 mL il faut $2 \times 17,5 = 35,0$ mL d'acide. Le TAC est de 35 °F.	0,5	
B) Les techniques de décarbonatation			
1) La décarbonatation catalytique à la soude			
1.1.1)	$n\text{HCO}_3^-$ (à précipiter) = $7,0 \times 10^{-3} - 4,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-3}$ mol.	0,25	
1.1.2)	$n\text{CaCO}_3 = 1,5 \times 10^3$ mol. $M = 100,1$ g/mol. $m_1 = 0,15$ g.	0,25 0,25 0,25	
1.2)	Pour 1 L, masse de précipité $m_1 = 0,15$ g ; soit dans le réacteur : $250 \times 10^3 \times 0,15$ g/h ; pour 1 jour (soit 24 h) : $250 \times 10^3 \times 0,15 \times 24$ ce qui fait bien $m_2 = 900$ kg.	0,5	Juste si le raisonnement est bon.
1.3)	On a $K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ or $[\text{Ca}^{2+}] = 5,0 \times 10^{-4}$ mol/L. Soit $[\text{CO}_3^{2-}] = K_s/[\text{Ca}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-5}$ mol ; $[\text{CO}_3^{2-}] \ll [\text{HCO}_3^-]$. L'hypothèse est donc vérifiée.	0,25 0,25 0,25 0,25	
2) Le procédé erca²			
2.1)	Cathode : $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 + 2\text{HO}^-$ Anode : $2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$	0,5 0,5	
2.2)	$Q = I \Delta t$ AN $Q = 30 \times 24 \times 3600 = 2,6 \times 10^6$ C	0,5	
2.2.1)			
2.2.2)	Ne^- (échangé) = $n\text{HO}^-$ (produit) = $n\text{CaCO}_3$ (précipité) $n\text{CaCO}_3$ (précipité) = $\text{ne}^- = Q/F$ soit $m\text{CaCO}_3 = QM/F$ AN $m\text{CaCO}_3 = 2,7 \times 10^3$ g soit 2,7 kg.	0,25 0,5 0,25	

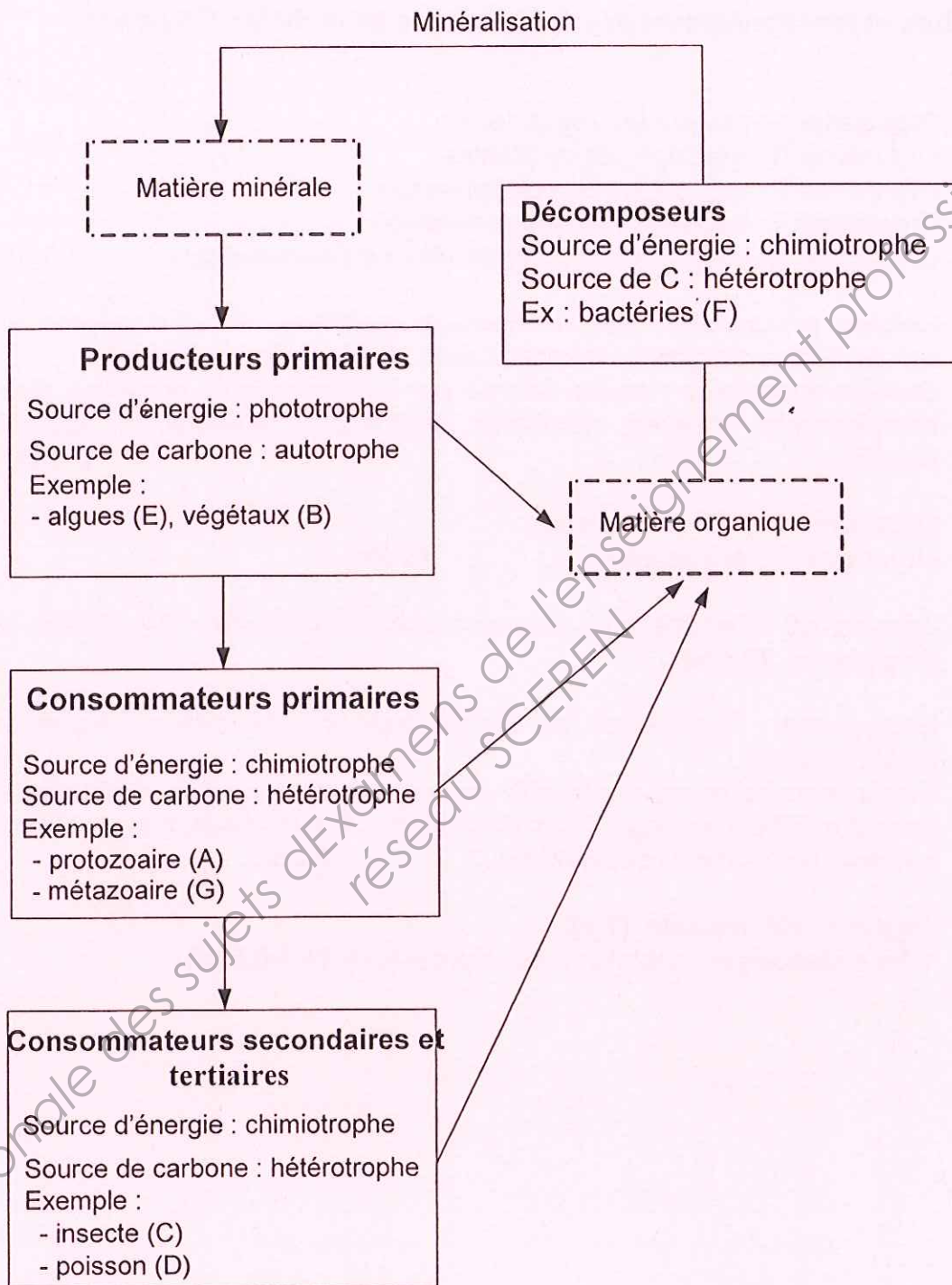
Exercice 2 (5 pts)			
	Réponses	Barème	Commentaires
1) 1.1)	Il s'agit du butanal $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$	0,5	0,25 (nom). 0,25 (formule).
1.2)	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} = \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ Soit au bilan : $\text{HClO} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO} + \text{H}^+$	0,5 0,5 0,25	
1.3)	En présence d'un excès d'oxydant, on obtient de l'acide butanoïque $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	0,25 0,25	
2) 2.1)	Il s'agit du but-2-ène. Isomère Z, formule développée.	0,25 0,5	Tout ou rien.
2.2)	$\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-CH}_3 + \text{HOCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CHOH-CH}_3$	0,5	
3) 3.1)	$(\text{NH}_2)_2\text{C}=\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$	1	0,5 pour formule urée.
3.2)	$\text{NH}_3 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$	0,5	

Exercice 3 (5 pts)			
1)	$\varepsilon = 0$ et $I^- = I^+ = 0$; $-15 \text{ V} < U_s < +15 \text{ V}$	0,25	Tout ou rien. Condition sur U_s facultative.
2) 2.1)	$U_s + R_2 I + \varepsilon = 0$ soit $U_s = -R_2 I$ $U_D - R_1 I + \varepsilon = 0$ soit $U_D = R_1 I$	0,5 0,5	
2.2)	$U_s = -R_2 U_D / R_1$	0,5	
2.3)	Il s'agit d'un montage amplificateur inverseur.	0,25	
3) 3.1)	$a = (2,0 \times 10^{-3}) R_2 / R_1$; $b = -0,68 R_2 / R_1$.	0,5 0,5	
3.2)	$R_2 / R_1 = 5,0$ on obtient : $a = 1,0 \times 10^{-2} \text{ V} \cdot \text{C}^{-1}$ ce qui est conforme à la condition donnée en introduction ; $b = -0,68 \times 5 \text{ V}$.	0,75 0,25	- 0,25 si pas d'unité.
3.3)	$U_s = U_R + E$ soit $a\theta + b = U_R + E$ soit $U_R = a\theta + b - E$. On veut $U_R = a\theta$ ce qui impose que $b - E = 0$ soit $E = b = -3,4 \text{ V}$.	0,5 0,5	

1. Structure et fonctionnement des écosystèmes de la rivière (28 points)

- 1.1. Organisme A : protozoaire (paramécie).
 Organisme B : macrophytes ou plantes.
 Organisme E : microalgue ou phytoplancton.
 Organisme F : bactéries (coques et bacilles).
 Organisme G : métazoaires (plathelminthes ou nématodes). **(2,5 pts)**
- 1.2. Cellules procaryotes : pas d'enveloppe nucléaire, un chromosome unique circulaire, peu d'organites intracellulaires, division par scissiparité...
 Cellules eucaryotes : noyau délimité par une membrane nucléaire, plusieurs chromosomes linéaires, nombreux organites intracellulaires, reproduction sexuée... **(3 pts)**
- 1.3. Organisme A et E : eucaryotes.
 Organisme F : procaryotes. **(3 pts)**
- 1.4. Organismes E (microalgue) : source d'énergie lumineuse, CO₂ comme source de carbone. **(2 pts)**
- 1.5. Saprophytes : organismes se développant sur la matière organique en décomposition.
 Producteurs primaires : ensemble des organismes capables d'intégrer le CO₂ dans des molécules organiques (organismes autotrophes), procurant ainsi une nouvelle biomasse à l'écosystème. **(2 pts)**
- 1.6. Organite : chloroplaste. **(1 pt)**
 Voie métabolique : photosynthèse oxygénique. **(1 + 0,5 pt)**

1.7.



(6 pts)

1.8. Processus 1 : fermentation :

accepteur final d'électron : molécule organique ;
 bilan énergétique faible (peu d'ATP synthétisé) ;
 dégradation incomplète de la MO.

Processus 2 : respiration :

accepteur final d'électrons : molécule oxydée (ex : oxygène) ;
chaîne de transporteurs membranaires ;
bilan énergétique élevé.
dégradation complète du substrat. **(3 pts)**

1.9. Émanation de sulfure d'hydrogène (H₂S).

Phénomène observé dans les réseaux d'assainissement ou dans la filière boue, en anaérobiose et en milieu acide.

Origine : dégradation anaérobie des protéines ou sulfatoréduction.

(4 pts)

2. Étude physico-chimique et hydro-biologique (27 points)

2.1. Prélèvements (différents supports, différentes vitesses).

Lavage des échantillons et tri : l'échantillon est observé à la loupe binoculaire pour l'identification de la faune.

Détermination des taxons.

Classement par groupes faunistiques.

Détermination de l'indice en fonction du nombre total de taxon et du groupe faunistique indicateur. **(3 pts)**

Intérêt : méthode globale d'évaluation de la qualité des cours d'eau. **(1 pt)**

2.2. Eutrophisation.

On peut observer une augmentation du taux de saturation en dioxygène et de la teneur en chlorophylle au cours du phénomène d'eutrophisation. Un trop grand apport nutritionnel (en phosphore essentiellement) entraîne une prolifération des algues (d'où l'augmentation de la teneur en chlorophylle). En phase diurne, la forte activité photosynthétique (photosynthèse oxygénique assurée par les algues et végétaux aquatiques) fait augmenter la teneur en dioxygène. Cet élément devient toxique pour certains animaux. On observe alors un appauvrissement de la faune et une accumulation de vase (biomasse végétale).

Causes probables : rejet de savons et de détergents riches en phosphates. Engrais phosphorés. **(5 pts)**

2.3. On observe une augmentation de la DCO le long du cours d'eau (de vert à orange, d'une bonne qualité à une qualité médiocre), alors que la DBO₅ reste identique (bonne à très bonne qualité sur tout le trajet de la rivière). De part les activités agricoles de la région traversée, on peut conclure que la rivière s'enrichit en produits phytosanitaires non biodégradables. **(3 pts)**

2.4. La qualité relative à la présence de matières organiques et oxydables se dégrade le long du cours d'eau (bonne qualité à qualité passable). Ceci est vraisemblablement dû à la présence de produits chimiques employés en culture.

La concentration en nitrates correspond à une qualité médiocre. L'origine de ces nitrates est probablement l'emploi d'engrais pour les cultures.

L'IBGN évolue de très bonne qualité à bonne qualité.

(3 pts)

BTS MÉTIERS DE L'EAU		Session 2011
Corrigé biochimie biologie et microbiologie des eaux – U. 4	MTBBM	Page : 3/5

2.5. 3 zones : (9 pts)

- **1^{ère} zone** : consommation de la matière organique par les bactéries hétérotrophes aérobies et par les champignons (respiration aérobie). Forte croissance de ces microorganismes et forte consommation de dioxygène.

- **2^{ème} zone** : baisse du nombre de bactéries et de champignons, moins de matière organique et plus de matière minérale (ammonium, phosphate). La concentration en dioxygène augmente à nouveau grâce à la photosynthèse. Début de nitrification.

- **3^{ème} zone** : nombre de bactéries assez faible, milieu riche en éléments minéraux issu de l'oxydation de la matière minérale. Croissance des algues (autotrophes, qui assimilent la matière minérale). Forte activité photosynthétique et enrichissement du milieu en dioxygène.

2.6. Les ions ammonium sont oxydés en nitrites, puis en nitrates, par les bactéries des sols. La pollution ammoniacale entraîne donc des concentrations élevées en nitrates.

L'oxydation des ions ammonium en nitrites est réalisée par des bactéries lithotrophes (le donneur d'électron est NH_4^+), du genre *Nitrosomonas*.

L'oxydation des nitrates en nitrites est réalisée par des bactéries lithotrophes (le donneur d'électron est NO_2^-), du genre *Nitrobacter*. (3 pts)

3. Impact de la présence des nitrates sur la production d'eau potable (25 points)

3.1. La concentration en nitrates est limitée car des concentrations élevées sont toxiques pour l'homme.

Les nitrates sont réduits en nitrites par les bactéries intestinales. Ceux-ci pénètrent dans le sang et transforment l'hémoglobine, qui devient inefficace pour le transport d'oxygène.

Les nitrates sont également à l'origine de la formation de nitrosamines, produit mutagène. (2 pts)

3.2. Au cours de la biofiltration, l'eau à épurer circule au travers d'un support poreux, sur lequel sont fixées les bactéries de la dénitrification : formation d'un biofilm.

Ces bactéries transforment les nitrates en diazote. (3 pts)

3.3. Les bactéries hétérotrophes sont des bactéries dont les sources de carbone sont des composés organiques.

Les bactéries utilisées ici sont des bactéries hétérotrophes. Des composés organiques sont donc nécessaires pour leur croissance. Le réactif 1 est donc une molécule organique (acide acétique ou éthanol).

Ces molécules organiques sont oxydées par les bactéries en CO_2 (produit 2). (4 pts)

- 3.4. Équation de réduction des nitrates :

$$2 \text{NO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \text{ (1 pt)}$$
 L'enzyme impliquée est la nitrate réductase dissimilatrice (1 pt). Le produit 3 est le diazote. (1 pt)
- 3.5. La vitesse de croissance des bactéries autotrophes est beaucoup plus faible que celle des bactéries hétérotrophes, ce qui nécessite, au niveau des filières de traitement, des vitesse de filtration lentes. C'est pourquoi la dénitrification biologique autotrophe est beaucoup plus rarement utilisée. (3 pts)
- 3.6. Dans la gélose Viande-Foie, il y a culture uniquement en surface (les bactéries étudiées sont aérobies strictes). Dans la gélose Viande-Foie supplémentée en nitrate de sodium, il y a culture sur toute la hauteur de la gélose. Les bactéries ont donc utilisé les nitrates comme accepteur final d'électron, pour se multiplier : respiration nitrate. (3 pts)
- 3.7. Le dioxygène et les nitrates sont des accepteurs finaux d'électrons pouvant être utilisés par les bactéries étudiées.
 Mais la différence de potentiel redox entre les couples $\text{NAD}^+ / \text{NADH}$ et $\frac{1}{2} \text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ est beaucoup plus élevée que celle entre $\text{NAD}^+ / \text{NADH}$ et $\text{NO}_3^- / \text{produit 3}$. Lorsque le dioxygène est utilisé comme accepteur final, la réaction est plus exergonique. En présence de dioxygène et de nitrates, les bactéries utilisent donc préférentiellement le dioxygène comme accepteur final d'électrons. (3 pts)
- 3.8. Pour que la dénitrification soit optimale, il faut donc créer une anoxie, afin que les bactéries utilisent les nitrates. (2 pts)
- 3.9. Le produit qui réagit avec le réactif de Griess est l'ion nitrite. (1 pt)
- 3.10. Pour éviter des concentrations en nitrites dans l'eau de sortie, il est possible d'ajouter une étape d'oxydation (pour oxyder les nitrites) ou un traitement sur charbon actif. (1 pt)

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN