



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 2010

# 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.**

## CORRECTION

### 1- Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine avant et après établissement du barrage en 1985

1.1.1. Aquifère de type karstique : formation géologique souterraine (1 point), formée de roches compacte (calcaire) fissurées (1 point) dans laquelle l'eau peut s'accumuler en formant un réservoir d'eau souterraine.

1.1.2 .

La qualité de l'eau issue de ce type d'aquifère est très variable (0,5 point) avec des pics de pollution importants lors des événements pluvio-orageux (0,5 point): comme l'eau de pluie s'infiltré directement dans la nappe (0,5 point ; le sol ne joue aucun rôle de filtration) ; on a alors une eau de mauvaise qualité avec une forte concentration en MES, matières organiques et bactéries (0,5 point).

1.1.3.

An niveau d'un point de captage d'eau destinée à la consommation humaine, il faut établir des périmètres de protection (1 point) immédiate (0,5 point), rapprochée (0,5 point) et éloignée (0,5 point), afin de protéger le captage d'éventuelles contaminations.

1.2.

- Désinfection finale : permet d'éliminer les micro-organismes en sortie d'usine (1 point) et de maintenir un résiduel (1 point) en chlore de 0,1 - 0,2 mg.L<sup>-1</sup> (effet bactériostatique recherché) au niveau du réseau de distribution afin d'éviter les recroissances éventuelles de bactéries (0,5 point).

### 2/ Analyses des dysfonctionnements rencontrés sur l'eau de la retenue en 2000

2.1.

On constate une stratification thermique de l'eau de la retenue en relation directe avec une stratification par rapport au dioxygène dissous. Successivement, on a :

- l'épilimnion (0 - 6m) = couche superficielle la plus chaude de faible densité (20°C) (1 point) , bien éclairée et bien oxygénée. L'oxygène provient de la diffusion de l'O<sub>2</sub> atmosphérique, mais surtout de la production d'O<sub>2</sub> par les organismes photosynthétiques pendant la journée (1 point). En effet, la concentration en O<sub>2</sub> est très importante (12 mg/L), preuve de l'important développement des organismes photosynthétiques au niveau de la retenue

- le mésolimnion formant une thermocline (6m - 8m) = zone de transition (1 point) où la température chute rapidement (saut thermique). La concentration en O<sub>2</sub> de l'eau décroît assez rapidement = diminution puis disparition des organismes photosynthétiques provoquée par la faible intensité lumineuse à ce niveau de la retenue (1 point). Accumulation biomasse hétérotrophe consommant O<sub>2</sub>.

- l'hypolimnion (8m - 20m) = couche profonde dense (1 point) avec une température constante de 10°C. La concentration en O<sub>2</sub> est devenue nulle : il n'y a plus de production d'oxygène et la consommation augmente due à l'utilisation de l'O<sub>2</sub> pour minéraliser la matière organique morte (1 point) qui décante au fond du lac. Le fond du lac est passé en anoxie, voir en anaérobiose au niveau des sédiments.

2.2.

Basculément du lac provoqué par une baisse de la température de l'épilimnion (1 point) : l'eau superficielle devient alors plus dense, s'enfonce en provoquant le basculément de la retenue (1 point), soit une homogénéisation de l'ensemble des couches du plan d'eau . Cela provoque une réoxygénation de l'hypolimnion et un apport en éléments nutritifs pour les organismes de l'épilimnion (1 point).

BTS METIERS DE L'EAU	Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux – U. 4	MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page : 1/6

### 2.3.1.

L'apport massif de phosphore = phosphate est apporté majoritairement par l'agriculture par l'intermédiaire des engrais (bassin versant agricole) (1 point).

### 2.3.2.

Le phosphore conduit au phénomène d'eutrophisation car il est l'élément limitant de la croissance des organismes photosynthétiques. (1 point).

Ce sont les  $\text{NO}_3^-$ . Ils sont moins importants que le phosphore car certains organismes photosynthétiques, en particulier les cyanobactéries, peuvent fixer l'azote atmosphérique directement. (2 points).

### 2.3.3.

La lac est plus sensible à l'eutrophisation pendant l'été car :

- l'intensité lumineuse et la durée d'ensoleillement sont plus importantes → augmentation (1 point) de la photosynthèse → croissance des organismes photosynthétiques augmentée (1 point).
- la température de l'eau augmente et comme la vitesse de croissance est étroitement dépendante de la température, les organismes se développent plus rapidement (0,5 point). D'autre part, la concentration saturante en  $\text{O}_2$  diminue lorsque la température augmente → la retenue passe plus rapidement en anaérobiose (0,5 point).

### 3.1.1.

Les courbes sont quasi-équivalentes : nous observons un pic de fer et de manganèse à environ 0,8 mg/L entre le 1er Juillet et le 1er Octobre → Pendant la période d'eutrophisation quand les sédiments deviennent réducteurs. (1 point).

Potentiel redox = - 50 mV (anaérobiose) + pH = 7,5 → milieu réducteur = fer sous forme réduit  $\text{Fe}^{2+}$  soluble et manganèse sous forme réduit  $\text{Mn}^{2+}$  soluble. (1 point). Ces minéraux sous forme oxydés étant complexés avec le phosphore, lorsqu'ils se retrouvent sous forme soluble, le phosphore est alors décomplexé et passe en phase soluble. (1 point).

### 3.1.2.

Période eutrophisation →  $[\text{Fe}] = 700 \mu\text{g/L}$  > Norme (1 point).

1 inconvénient à la présence Fer = couleur de l'eau (1 point).

### 3.1.3.

- Elimination par voie physico-chimique : Elimination du fer ferreux dissous par oxydation en fer ferrique en utilisant un oxydant (0,5 point) ; oxygène, dioxyde de chlore ou ozone = oxydant plus puissant pour éliminer le fer complexé. Le fer ferrique précipite alors spontanément en hydroxyde ferrique ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) éliminé par décantation ou filtration (0,5 point).

- Elimination par voie biologique : L'eau brute circule, après aération (0,5 point), dans des biofiltres et des bactéries = ferrobactéries fixées sur ce biofiltre (1 point) vont éliminer ce fer ferreux dissous (utilisation du fer comme source d'énergie ou mécanisme de détoxification ..) en l'oxydant (2 points).

Avantages à utiliser la voie biologique : 2 avantages (1,5 points).

- précipités de fer plus compacts, peu hydratés et adhérant fortement aux bactéries (utilisation d'une granulométrie de sable élevée + possibilité de grande vitesse de filtration + traitement des boues plus aisée)
- possibilité d'éliminer le fer complexé + pas de réactifs (coût plus faible)

BTS METIERS DE L'EAU	Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux – U. 4	MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page : 2/6

### 3.2.1.

- Sulfatoréduction = les bactéries sulfato-réductrices utilisent les sulfates comme accepteur terminal (1 point) dans la chaîne respiratoire (1 point) pour les réduire en sulfures (1 point).
- Putréfaction = dégradation anaérobie des protéines soufrés (1 point ; cystéine, méthionine) donnant lieu à la production de sulfures.

### 3.2.2.

- **catalase** : enzyme impliquée dans la détoxification du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$ ). On la met en évidence en mettant en suspension de la culture bactérienne solide dans une goutte d'eau oxygénée déposée sur une lame. Si apparition d'une effervescence = dégagement d' $O_2$  : catalase positive. (2 points).

- Une spore représente la forme de résistance d'une bactérie. Elle est produite lorsque la bactérie se trouve placée dans un milieu hostile à son développement (manque d'éléments nutritifs par exemple) car elle contient tout le patrimoine génétique de la bactérie et résiste très bien à la dessiccation, à la chaleur. (2 points).

### 3.2.3.

Mode d'ensemencement : chauffage à  $80^\circ C$  pendant 10 min. de l'échantillon à dénombrer (élimination des formes végétatives ; 1 point). + ensemencement d'un volume de cette eau dans le milieu TSC en surfusion (0,5 point) et conditionné en culot profond (0,5 point) + refroidissement immédiat de cette gélose + incubation 24 à 48 heures à  $37^\circ C$  (0,5 point).

Conditions de lecture : on dénombre les colonies entourées d'un halo noir =  $H_2S$  (0,5 point). Les sulfites présents dans le milieu sont réduits par les bactéries sulfitoréductrices pour produire de l' $H_2S$ . L' $H_2S$  produit se complexe avec le fer pour donner un précipité noir de sulfure de fer. (1 point).

### 3.2.4.

Le sulfure d'hydrogène est mortel pour l'homme à faible concentration (mort par paralysie respiratoire). (1 point).

Pour les installations, l' $H_2S$  gazeux s'oxyde en acide sulfurique pur entraînant une corrosion importante des ouvrages (1 point).

### 3.2.5.

- Bactéries photosynthétiques anaérobies = (bactéries pourpres et vertes) (1 point).
- L' $H_2S$  est oxydé en soufre afin de donner les électrons perdus au photosystème (1 point).
- Bactéries sulfoxydante (Thiobacillus). (1 point).
- Ces bactéries chimiolithotrophes (1 point) tirent leur énergie de l'oxydation des sulfures en sulfates.

### 3.3.

Cet ammoniac s'accumule car les bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas) aérobies strictes sont absentes du réservoir = passage en anaérobiose de la retenue + concurrence pour l'ammoniac, défavorable pour les nitrifiantes, avec les bactéries chémoorganotrophes hétérotrophes. (2 points).

### 3.4.

Cyanobactéries (1 point) → géosmine, méthylsobornéol (au choix : 1 point).

### 3.5.1.

- **Biofilm** : structure constituée d'organismes vivants (bactéries en majorité) et d'exopolymères se déposant sous forme d'une structure multicouche sur les canalisations. (1 point)

BTS METIERS DE L'EAU		Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux – U. 4		MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 3/6

- **Nids microbiens** : structure libre non solidaire de la paroi des conduites s'accumulant au niveau des points bas du réseau à l'endroit où il y a stagnation de l'eau. Ces structures sont constituées de MES formant un refuge pour les organismes vivants. (1 point).

### 3.5.2.

- Colonisation au sein de ces structures d'organismes éventuellement pathogènes (Légionelles, Giardia, Cryptosporidium, Salmonella...), ces organismes pouvant être relargués dans le réseau jusqu'au robinet du consommateur + altération des qualités organoleptiques des eaux par production d' $H_2S$ , de molécules responsables de goût et d'odeurs par les organismes colonisant ces structures. (2 points).
- Consommation en chlore avec formation de sous-produits toxiques ou sapides. (1 point).
- formation d'une zone anaérobie au sein de ces structures (biofilm principalement), favorisant la corrosion. (1 point).

### 3.6.

- Organochlorés,
  - Trihalométhane (THM),
  - chlorophénols,
  - Chloramines si le taux de traitement est insuffisant.
- (2 points) (au moins 2 mots) .

## 4- Avantages de l'aération par destratification

### 4.1.1.

Avec destratification, on n'observe plus de pic de fer et de manganèse → cette destratification a permis de réoxygéner le fond de la retenue → on a de nouveau des conditions oxydantes : le fer et le manganèse sont sous forme oxydées précipitées ( $Fe(OH)_3$ ,  $MnO_2$ ). (1 point).

### 4.1.2.

Le phosphore en condition oxydante reprécipite au fond de la retenue : il est de nouveau rendu non disponible pour les organismes photosynthétiques. (1 point).

### 4.2.1.

La concentration en chlorophylle est proportionnelle à celle des organismes photosynthétiques (1 point). La chlorophylle est une molécule spécialisée dans la capture des photons (1 point) = récupère l'énergie des photons pour la transmettre à un électron. (1 point).

### 4.2.2.

On observe une augmentation progressive de la concentration en chlorophylle au cours des années → dégradation de la qualité des eaux = amplification du phénomène d'eutrophisation. (0,5 point).  
Puis lors de la destratification du milieu, on observe une baisse importante du taux de chlorophylle, donc des organismes photosynthétiques. (0,5 point).  
→ Baisse de la quantité de phosphore disponible (1 point).

### 4.3.

Le disque de Secchi permet de mesurer sur le terrain directement la turbidité d'une eau. (1 point). L'évaluation de la disparition visuelle du disque de Secchi plongé dans l'eau permet d'évaluer la turbidité d'une eau, le manche gradué permettant d'évaluer la profondeur de disparition du disque. Plus la profondeur de disparition du disque est importante, plus l'eau est limpide et meilleure est la qualité de l'eau.

Ainsi, de 1997 à 2000, la qualité de l'eau se dégrade, le nombre d'organismes photosynthétiques augmente → augmentation de la turbidité. (1 point).

BTS METIERS DE L'EAU	Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux - U. 4	MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page : 4/6

En 2001, la destratification permet un fort abaissement de la turbidité de l'eau provoquée par les disparitions des cyanobactéries. (1 point).

4.4.

- Diminution de la concentration en fer et en manganèse dans l'eau brute : retour à la filière de traitement initiale sans traitement spécifique du fer et du manganèse. (1 point).

- Diminution de la quantité d'organismes photosynthétiques avec moins de problèmes de turbidité : (1 point).

→ avec la diminution des cyanobactéries, on a moins de développement de molécules toxiques, responsables de goût et d'odeurs. (0,5 point).

- Avec la disparition de la zone anaérobie, retour à la minéralisation totale de la matière organique = plus de production d' $H_2S$ , diminution de la quantité de matière organique dans l'eau brute + diminution de  $NH_3$  avec retour des germes nitrifiants. (1 point).

→ eau brute de meilleur qualité avec moins de molécules toxiques produites lors de la chloration par exemple. (0,5point).

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel  
Resau SCEREN

BTS METIERS DE L'EAU	Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux – U. 4	MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page : 5/6

**EPREUVÉ: BIOCHIMIE, BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE**  
**BAREME sur 80**

**1/ Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine avant et après établissement du barrage en 1985 (9 points)**

- 1.1. - 6,5 points
  - 1.1.1. - 2 points
  - 1.1.2. - 2 points
  - 1.1.3. - 2,5 points
- 1.2. - 2,5 points

**2/ Analyses des dysfonctionnements rencontrés sur l'eau de la retenue en 2000 (16 points)**

- 2.1. - 6 points
- 2.2. - 3 points
- 2.3. - 7 points
  - 2.3.1. - 1 point
  - 2.3.2. - 3 points
  - 2.3.3. - 3 points

**3/ - Conséquences de l'eutrophisation du réservoir d'eau potable (40 points)**

- 3.1. - 11 points
  - 3.1.1. - 3 points
  - 3.1.2. - 2 points
  - 3.1.3. - 6 points
- 3.2. - 17 points
  - 3.2.1. - 3 points
  - 3.2.2. - 4 points
  - 3.2.3. - 4 points
  - 3.2.4. - 2 points
  - 3.2.5. - 4 points
- 3.3. - 2 points
- 3.4. - 2 points
- 3.5. - 6 points
  - 3.5.1. - 2 points
  - 3.5.2. - 4 points
- 3.6. - 2 points

**4/ Analyses des améliorations apportées par la destratification réalisée en été 2001 (15 points)**

- 4.1. - 3 points
  - 4.1.1. - 1,5 points
  - 4.1.2. - 1,5 points
- 4.2. - 5 points
  - 4.2.1. - 3 points
  - 4.2.2. - 2 points
- 4.3. - 3 points
- 4.4. - 4 points

BTS METIERS DE L'EAU	Session 2004
Corrigé biochimie, biologie, microbiologie des eaux - U. 4	MTBBM
Coefficient : 4	Durée : 4 heures
	Page : 6/6