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 :
www.formav.co/explorer

BTS MÉTIERS DE L'EAU

BIOCHIMIE BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE DES EAUX – U. 4

SESSION 2016

_____

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

_____

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Matériel autorisé :

- toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumérique ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999) ;

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ DE NITRIFICATION DANS UNE FILIÈRE DE PRODUCTION D'EAU POTABLE

On souhaite mettre en place un procédé de traitement biologique de l'ammonium de l'eau de la Seine.
Une filière expérimentale a été mise en place afin d'étudier les biomasses nitrifiantes impliquées dans le procédé biologique de traitement de l'ammonium.

1. Étude de la morphologie bactérienne. (10 points)

Les bactéries nitrifiantes sont, le plus souvent, des bacilles à Gram négatif ; généralement mobiles grâce à des flagelles.

1.1. Réaliser un schéma annoté d'une bactérie nitrifiante, faisant apparaître les structures suivantes : ADN chromosomique, cytoplasme, flagelle, membrane, paroi et ribosomes.

1.2. Détailler la structure de la paroi des bactéries nitrifiantes.

1.3. Relier la structure de cette paroi au principe de la coloration de Gram.

2. Étude biochimique des réactions de nitrification. (12 points)

L'annexe 1 (page 6/8) *présente les réactions de la nitrification*.

2.1. Indiquer la signification de ΔG_0'.
Interpréter la valeur négative de ΔG_0'.

2.2. Nommer le type trophique complet des bactéries nitrifiantes (source d'énergie, d'électrons et de carbone).

2.3. Préciser le rôle du dioxygène dans le métabolisme de ces bactéries.

2.4. À l'aide du bilan présenté en **annexe 1**, **préciser** le rôle du CO_2 dans le métabolisme de ces bactéries.

2.5. À l'aide du schéma en **annexe 2 (page 6/8)**, **expliquer** la production de l'ATP.

3. Étude de la croissance bactérienne. (13 points)

Les bactéries nitrifiantes se multiplient par scission binaire ou par bourgeonnement selon les espèces.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

3.1. Réaliser un schéma comparatif simplifié de la scission binaire et de la reproduction par bourgeonnement.

Les résultats de l'étude de la croissance des bactéries nitrifiantes en fonction de différentes concentrations en substrat N-NH_4^+ et N-NO_2^- à 20 °C sont présentés sous forme de graphes en ***annexe 3 (page 7/8)****.*

3.2. Considérant les données **ci-dessous**, **déterminer** graphiquement, pour chaque bactérie, les constantes µmax (en h^{-1}) et Ks (en mg $N.L^{-1}$).

Données
Ks est la constante d'affinité de la bactérie pour son substrat. Elle se détermine graphiquement et correspond à la concentration en substrat pour une valeur de µ égale à $\frac{\mu max}{2}$.
Plus Ks est grand, plus l'affinité de la bactérie pour son substrat est faible.

3.3. Comparer et interpréter les résultats obtenus à la **question 3.2.** pour *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*.

3.4. À partir de l'**annexe 1**, **préciser** le statut (substrat ou produit) des ions nitrites pour *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*.

3.5. Prendre en compte les données **ci-dessous**, pour **expliquer** que les ions nitrites ne s'accumulent pas dans l'environnement lors de la réaction de nitrification.

Données
Les vitesses spécifiques maximales d'oxydation de substrats azotés sont :
- *0,35 µg $N.h^{-1}$ pour la réaction de nitritation ;*
- *3,2 µg $N.h^{-1}$ pour la réaction de nitratation.*

4. Étude de l'écologie de la nitrification. (10 points)

Les bactéries nitrifiantes peuvent se développer au sein du même agrégat grâce à la production d'exopolymères de surface. Elles entrent dans la constitution d'un biofilm ou d'un biofloc.

4.1. Proposer une définition des termes : biofilm et biofloc.

4.2. Citer au moins deux avantages qu'ont ces bactéries nitrifiantes à se développer au sein d'agrégats.

4.3. À l'aide de l'**annexe 4 (page 7/8)**, **expliquer** ce que représente $C_5H_7NO_2$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

4.4. À partir des équations stœchiométriques données en **annexe 4** et des données **ci-dessous**, **calculer**, pour chaque genre bactérien, le rendement de croissance, exprimé en mg de biomasse produite pour cent milligrammes d'azote oxydé.

Données

- Masses molaires (g.mol $^{-1}$) : C : 12 ; N : 14 ; O : 16 ; H : 1.

- Rendement de croissance = masse (en mg) de biomasse produite rapportée à 100 mg d'azote oxydé.

4.5. Comparer les résultats obtenus pour les deux genres bactériens. On admet que le rendement de croissance est d'environ 15 mg/100 mg d'azote oxydé pour *Nitrosomonas* et d'environ 2 mg/100 mg d'azote oxydé pour *Nitrobacter*.

5. Étude de l'exploitation de la nitrification en production d'eaux destinées à la consommation humaine. (13 points)

La Seine est une eau brute de surface polluée par les ions ammonium.
Cette pollution peut être éliminée par nitrification biologique.

5.1. Citer deux origines possibles de l'ammonium dans les eaux de surface.

5.2. Préciser au moins un inconvénient lié à la présence d'ammonium dans les eaux distribuées.

5.3. Exposer les différents mécanismes de la toxicité des nitrates et des nitrites et les conséquences chez l'être humain.

5.4. À l'aide des données **ci-dessous**, **justifier** par un calcul, que la limite de qualité en nitrates dans l'eau potable est de 50 mg.L^{-1}, pour une personne de 70 kg.

Données

- L'O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé) a fixé la dose de nitrate journalière admissible à 3,65 mg.kg^{-1} de poids corporel.

- Un être humain boit en moyenne 1,5 L d'eau par jour.

- Les aliments solides apportent en moyenne 178 mg de nitrates par jour.

5.5. À l'aide des données **ci-dessous**, **montrer**, par un calcul, que la nitrification de la totalité des ions ammonium d'une eau brute très polluée (4 mg.L^{-1}) produit une eau présentant une concentration en nitrates respectant la limite de qualité de 50 mg.L^{-1}.

Donnée

La nitrification d'1 mg d'ammonium produit environ 3,4 mg de nitrates.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

6. Dysfonctionnement de la filière biologique. (12 points)

L'eau de Seine, servant de ressource à l'usine de production d'eau potable est polluée par des pesticides, dont le C.I.C.P.(isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate) et le D.D.D.(1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl) éthane), en plus d'une concentration élevée en ammonium.
Les étapes de la filière de production d'eau potable sont successivement :
- prétraitements ;
- nitrification biologique sur biofiltre ;
- désinfection.

6.1. À l'aide de l'**annexe 5 (page 7/8)**, **expliquer** :
- qu'une concentration en C.I.C.P. dans l'eau égale à 10 $mg.L^{-1}$ inhibe complètement la nitratation ;
- qu'une concentration en C.I.C.P. dans l'eau égale à 5 $mg.L^{-1}$ ralentit la nitratation.

6.2. Analyser les résultats obtenus en présence de concentrations variables de D.D.D.

6.3. En déduire le pesticide présentant l'effet inhibiteur le plus marqué. **Argumenter** la réponse.

6.4. Conclure quant à la qualité de l'eau distribuée en présence de fortes concentrations en pesticides comme le C.I.C.P. ou le D.D.D. **Justifier** la réponse.

7. Optimisation de la filière biologique de nitrification. (6 points)

Suite au dysfonctionnement de la nitrification biologique lié à l'arrivée des pesticides, on désire rétablir la réaction de nitrification.

7.1. À l'aide de l'**annexe 6 (page 8/8)**, **analyser** les effets respectifs de la température et de la concentration en NH_4^+ sur la durée nécessaire à la mise en place d'un processus de nitrification biologique.

7.2. À l'aide de l'**annexe 6**, **citer** les conditions optimales à mettre en œuvre pour démarrer une nitrification en réduisant le temps de maturation du biofiltre de la filière.

8. Bilan de l'étude. (4 points)

Sous forme d'un tableau, **récapituler** les conditions nécessaires à la mise en place d'une nitrification efficace.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 1 – Réactions de la nitrification et bilans.

La nitrification est réalisée en deux étapes faisant intervenir deux genres bactériens :
- *Nitrosomonas* réalise la **nitritation** de l'ion ammonium (NH_4^+) en ions nitrites (NO_2^-) en présence de dioxygène. L'ion ammonium est source d'énergie :
$2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$ $\Delta G_0' = -6$ kcal.mol^{-1} ;

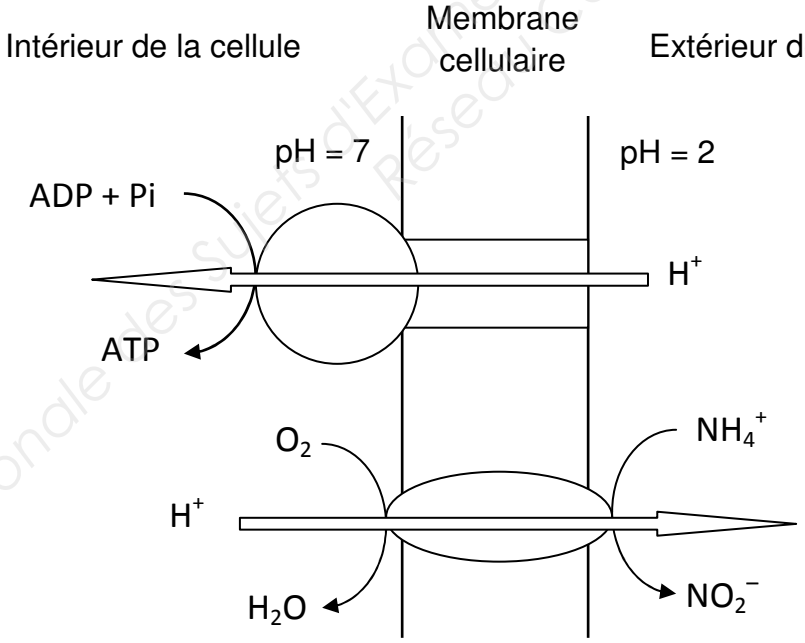
- *Nitrobacter* réalise la **nitratation** des ions nitrites (NO_2^-) en ions nitrates (NO_3^-), également en présence de dioxygène. L'ion nitrite est source d'énergie :
$2\ NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\ NO_3^-$ $\Delta G_0' = -17$ kcal.mol^{-1}.

Le bilan de la nitrification est ainsi : $NH_4^+ + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2\ H^+$

Ces bactéries produisent leurs matières organiques en réduisant le CO_2 par le cycle de Calvin.

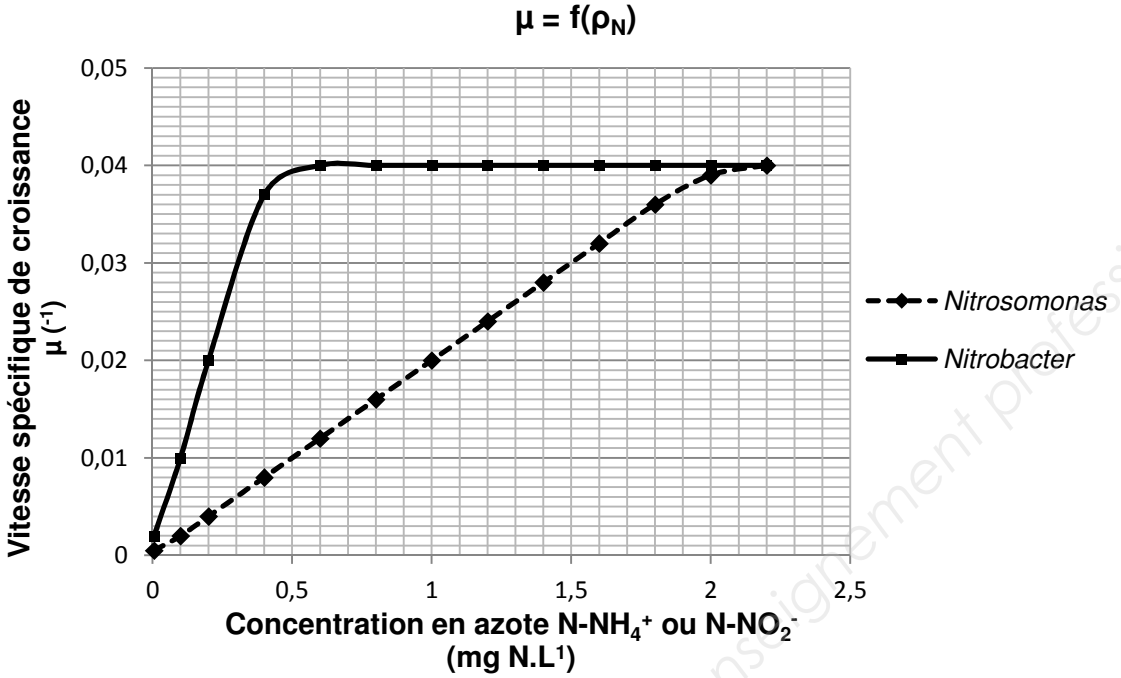
Le bilan énergétique et carboné du cycle de Calvin est :
$6\ CO_2 + 12\ (NADPH,H^+) + 18\ ATP \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 12\ NADP^+ + 18\ (ADP + Pi)$

Annexe 2 – Schéma fonctionnel de la nitritation.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 3 – Croissance des bactéries nitrifiantes en fonction de la concentration en azote à 20 °C.



Annexe 4 – Équations de réactions d'oxydation-synthèse cellulaire par des bactéries nitrifiantes.

Pour *Nitrosomonas* :

$55\ NH_4^+ + 76\ O_2 + 5\ HCO_3^- \rightarrow C_5H_7NO_2 + 54\ NO_2^- + 57\ H_2O + 104\ H^+$

Pour *Nitrobacter* :

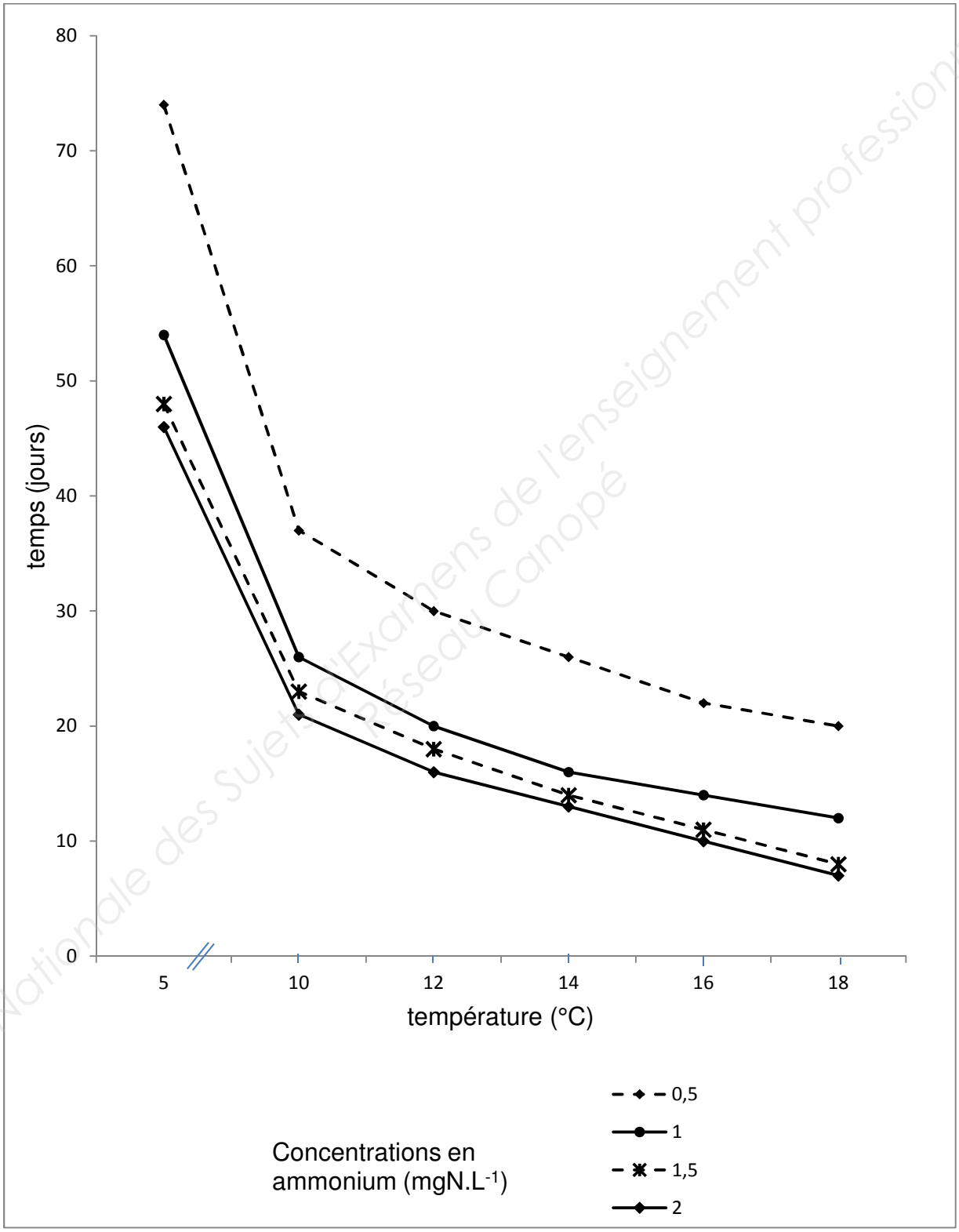
$400\ NO_2^- + NH_4^+ + 195\ O_2 + 5\ HCO_3^- + 4\ H^+ \rightarrow C_5H_7NO_2 + 400\ NO_3^- + 3\ H_2O$

Annexe 5 – Effet du C.I.C.P. et du D.D.D. sur l'utilisation de $N\text{-}NO_2^-$ par des bactéries nitratantes du genre *Nitrobacter*.

Pesticide	Concentration en pesticide ($mg.L^{-1}$)	Concentration en azote $N\text{-}NO_2^-$ ($mg.L^{-1}$) résiduel en fonction du nombre de jours :			
		3 j	5 j	7 j	9 j
C.I.C.P.	25	42	42	42	42
	10	42	42	42	42
	5	42	22	18	0
D.D.D.	10	42	42	42	42
	5	42	42	42	42
	1	38	9	0	0
Témoin sans pesticide	0	30	1	0	0

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 6 – Influence de la température et de la concentration en ammonium sur la durée nécessaire à la mise en place de la nitrification biologique.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.