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 2014

_____

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

_____

L'usage de la calculatrice est interdit.

Tout autre matériel est interdit.

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

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 14 pages, numérotées de 1/14 à 14/14.

Étude d'une unité de dépollution des eaux résiduaires urbaines et de son milieu récepteur

Une grande métropole régionale est équipée d'une unité de dépollution des eaux résiduaires urbaines (UDEP) d'une capacité de 620 000 EH (Équivalent Habitant). Cette UDEP, dont le milieu récepteur est placé en zone sensible, a été récemment rénovée et traite les eaux usées et pluviales amenées par un réseau mixte de 37 des 86 communes qui composent la communauté urbaine.

Les capacités nominales de traitement de l'UDEP sont :
- *96 465 kg.j $^{-1}$ de MES (Matières En Suspension) ;*
- *207 847 kg.j $^{-1}$ de DCO (Demande Chimique en Oxygène) ;*
- *14 160 kg.j $^{-1}$ de NKT (Azote Kjeldahl Total) ;*
- *1 968 kg.j $^{-1}$ de phosphore total.*

1. Étude de la file eau (44 points)

*Le synoptique de la file eau est présenté en **annexe 1** **(page 7/14)**. Après les prétraitements et la décantation primaire, les effluents sont dirigés vers le réacteur biologique. Celui-ci est composé de différentes zones.*

1.1. La zone aérée (HYBAS®)

Dans cette zone, on trouve un procédé associant les cultures libres (boues activées) à des cultures fixées sur supports synthétiques : il s'agit d'un procédé hybride à lit mobile. Dans la partie « culture libre », se développent, de manière prédominante, les bactéries à croissance rapide.
L'objectif de la culture fixée sur les supports synthétiques est d'augmenter la concentration en bactéries à croissance lente pour obtenir un âge de boue plus important.
Dans la suite de l'étude, on s'intéresse plus particulièrement à deux genres bactériens nommés Fb et Ns.

1.1.1. Élimination des matières carbonées

*La voie métabolique développée dans cette zone est la respiration aérobie, voie métabolique exergonique. La première étape (voie A) de ce processus est présentée en **annexe 2** **(page 8/14)**.*

1.1.1.1. **Préciser** la catégorie de biomolécules à laquelle appartient le glucose (formule brute : $C_6H_{12}O_6$).

1.1.1.2. **Nommer, sur la copie,** la voie A et les molécules B et C.
Effectuer le bilan du nombre de molécules d'ATP produites par molécule de glucose oxydée en pyruvate par la voie A.

1.1.1.3. **Citer** les deux composés issus de l'oxydation complète du glucose par la respiration aérobie.
Écrire l'équation bilan de cette oxydation.

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

1.1.1.4. **Indiquer** l'accepteur final d'électrons dans cette respiration.

De nombreuses espèces bactériennes sont impliquées dans ce processus d'élimination des matières carbonées.

1.1.1.5. **Nommer** les trois types trophiques de ces bactéries, sachant que les matières éliminées sont source d'énergie, source de carbone et source d'électrons.

*Deux courbes de croissance réalisées en laboratoire, en milieu liquide non renouvelé, sont présentées en **annexe 3** **(page 9/14)**.*

1.1.1.6. **Analyser** la courbe de croissance de la bactérie Fb (nom, durée et signification biologique des cinq phases).

1.1.1.7. **Définir** le temps de génération G.
Déterminer sa valeur approximative en heures pour les bactéries Fb.

***Donnée** : ln 2 = 0,7.*

1.1.2. Le cycle de l'azote dans le procédé HYBAS®

*Le fonctionnement de l'ensemble du réacteur biologique fait intervenir le cycle de l'azote, présenté en **annexe 4** **(page 9/14).***

1.1.2.1. **Nommer** le processus réalisé dans la zone aérée.
Citer deux genres bactériens impliqués, ainsi que leur type trophique.

*La courbe de croissance des bactéries Ns est présentée en **annexe 3**.*

1.1.2.2. **Déterminer** le temps de génération des bactéries Ns (en heures).

1.1.2.3. **Indiquer** la bactérie, Fb ou Ns, qui présente le développement le plus lent.
Argumenter la réponse.

1.1.2.4. En tenant compte du fonctionnement du procédé HYBAS®, **préciser** les bactéries fixées et celles qui sont libres. **Justifier** la réponse.

Sur les supports synthétiques en permanence sous agitation, se développe un biofilm.

1.1.2.5. **Réaliser** un schéma annoté représentant les étapes de développement d'un biofilm.

1.2. Étude de l'élimination de l'azote et du phosphore

1.2.1. **Définir** l'anoxie.

1.2.2. En se référant aux **annexes 1 et 4**, **nommer** l'étape du cycle réalisée dans les zones d'anoxie.

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

1.2.3. **Expliquer** l'emplacement de la zone de dénitrification en tête du traitement de l'azote.

1.2.4. **Préciser** l'utilité de la recirculation des liqueurs mixtes.

1.2.5. **Expliquer** l'intérêt de l'injection de méthanol dans la zone d'anoxie.

La succession des zones anaérobie et aérobie permet de réaliser une déphosphatation biologique.
- En phase anaérobie, certaines bactéries synthétisent des réserves de carbone sous forme de polyhydroxybutyrate à partir d'acétate. Cette synthèse nécessite de l'énergie apportée grâce à l'hydrolyse de polyphosphates. Il en résulte un relargage extracellulaire de phosphore dans la liqueur mixte.
- En phase aérobie, les réserves de carbone sont de nouveau utilisées. Leur hydrolyse libère de l'énergie qui permet la synthèse de polyphosphates à partir de phosphore extracellulaire réabsorbé.
Globalement, il y a plus de phosphore réabsorbé en aérobiose que de phosphore relargué en anaérobiose.

1.2.6. **Nommer, sur la copie,** les phases A et B et les formes de phosphore C, D et E, de l'**annexe 5 (page 10/14)**.

2. Étude de la file boues (21 points)

Les boues issues du clarificateur sont déshydratées par centrifugation puis traitées par digestion anaérobie.

2.1. **Définir** la digestion anaérobie.

*Le schéma de l'**annexe 6 (page 11/14),** présente les différentes étapes de la digestion anaérobie. La première étape est une réaction d'hydrolyse réalisée par des bactéries aéro-anaérobies facultatives ou anaérobies strictes.*

2.2. **Définir** les termes « aéro-anaérobie facultative » et « anaérobie stricte ».

2.3. **Nommer** le milieu de culture utilisé pour caractériser le type respiratoire de ces bactéries. **Décrire** ses modalités d'ensemencement et **représenter** les résultats obtenus pour ces deux bactéries.

2.4. **Proposer sur la copie,** un exemple de molécules X produites au cours de l'étape 1.

*La dernière étape **(étape 4)** permet la production de biogaz.*

2.5. **Nommer** l'étape 4.

2.6. **Préciser** la composition du biogaz.

2.7. **Indiquer** le type respiratoire des bactéries réalisant cette étape.

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Ces bactéries sont autotrophes et mésophiles ou thermophiles.

2.8. **Définir** les termes mésophiles et thermophiles.

2.9. **Proposer** trois paramètres à suivre au cours d'une digestion anaérobie. **Justifier** la réponse.

Pour un fonctionnement optimal des digesteurs anaérobies, le temps de séjour doit être de 25 à 30 jours et le brassage efficace.

2.10. **Justifier** la nécessité d'un temps de séjour élevé.

2.11. **Expliquer** l'intérêt du brassage.

Le biogaz produit est utilisé pour différentes applications.

2.12. **Proposer** un exemple d'utilisation possible.

3. Étude du milieu récepteur (15 points)

Un des objectifs de la rénovation de l'UDEP a été d'atteindre une bonne qualité biologique du cours d'eau récepteur. Parmi les indices déterminés, figure l'Indice Biologique Diatomées (IBD).

3.1. Biologie des diatomées

*Les diatomées présentées en **annexe 7** **(pages 12 et 13/14)** appartiennent au phytoplancton.*

3.1.1. **Définir** le phytoplancton.

3.1.2. **Expliquer** l'importance de la silice pour la croissance des diatomées.

3.1.3. **Nommer** le type de plaste évoqué dans l'**annexe 7**.

3.1.4. **Donner** le rôle de ces plastes au sein de la cellule.

Les diatomées jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire d'un écosystème aquatique.

3.1.5. **Préciser** le niveau trophique des diatomées dans la chaîne alimentaire.

3.1.6. **Définir** le terme écosystème.

3.2. Étude de l'Indice Biologique Diatomées (IDB)

Certaines caractéristiques des diatomées ont permis de les choisir comme bio-indicateurs de la qualité des cours d'eau.

3.2.1. D'après l'**annexe 7**, **proposer** deux arguments en faveur du choix des diatomées comme bio-indicateurs.

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

3.2.2. Parmi les différentes communautés de diatomées périphytiques présentées dans l'**annexe 7** et d'après l'**annexe *8*** **(pages 13 et 14/14)**, **choisir** l'écosystème prioritairement étudié lors de la mise en œuvre d'un IBD. **Justifier** le choix.

3.2.3. **Citer** un autre indice relatif à la qualité biologique des cours d'eau.

L'IBD intervient dans le SEQ Bio.

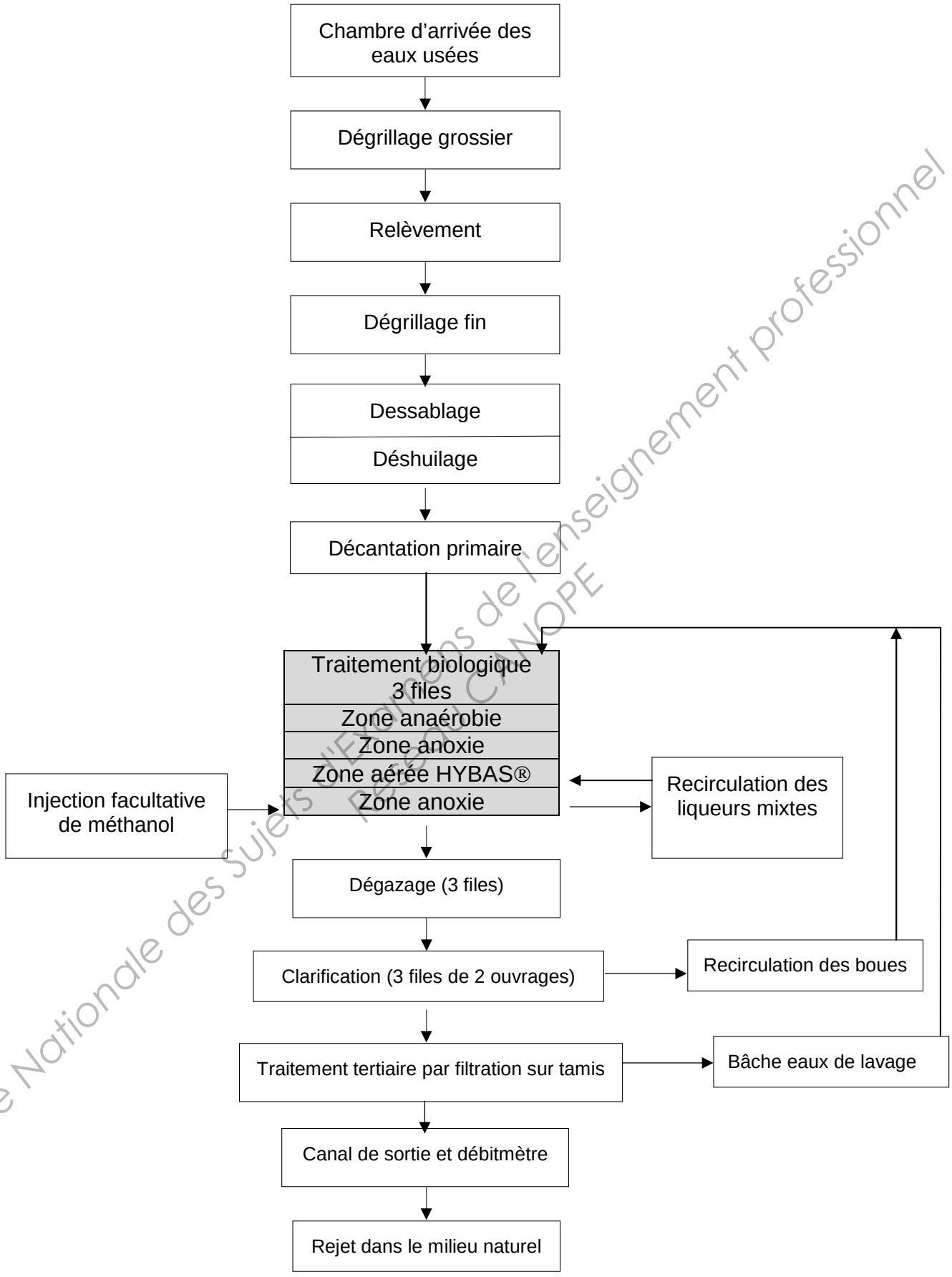
3.2.4. **Donner** la signification de SEQ Bio.

Avant rénovation de l'UDEP, l'IBD déterminé au niveau de la même station de mesure était de 7,3. Après rénovation, l'IBD est de 10,3.

3.2.5. **Interpréter** les valeurs d'IBD obtenues et **conclure** quant à la rénovation de l'UDEP.

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

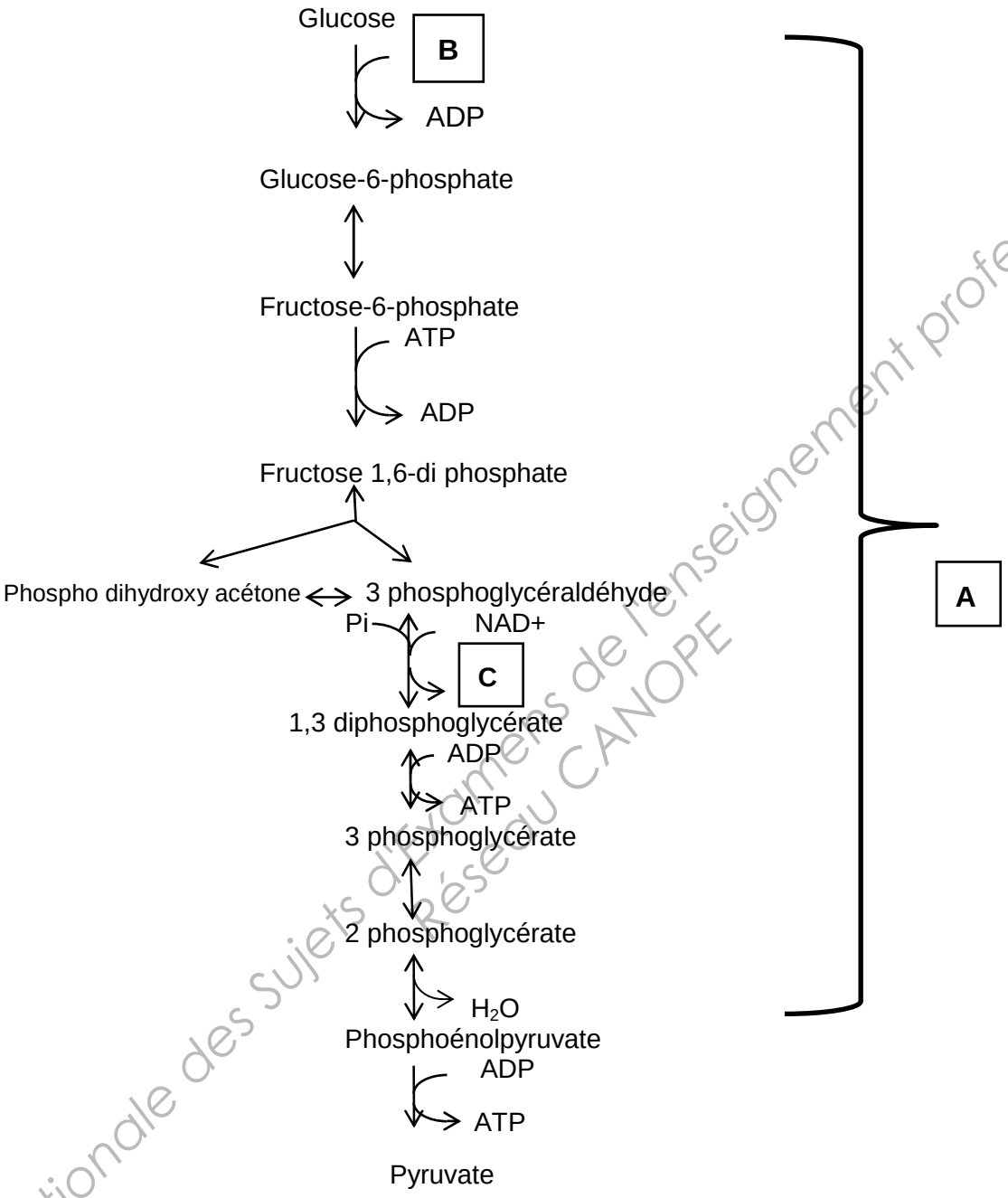
Annexe 1 – Synoptique de la file eau



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

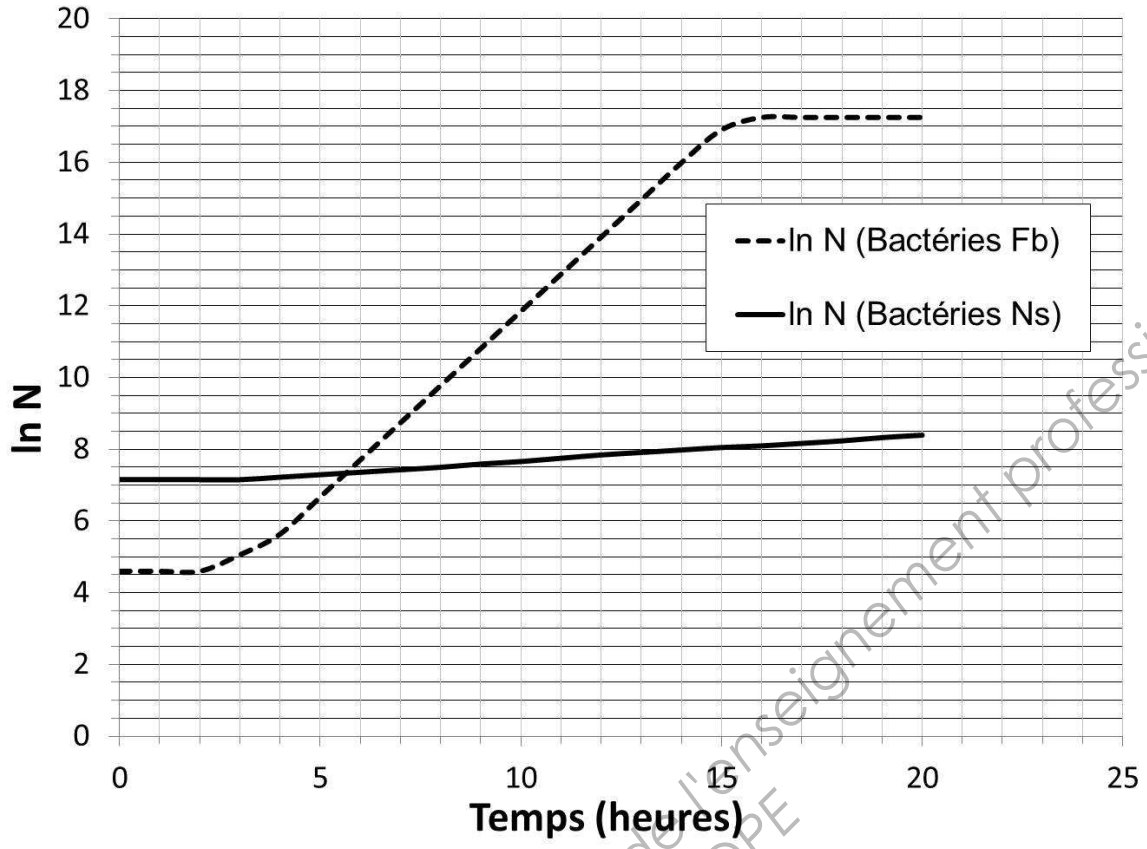
Annexe 2 – Première étape du processus métabolique permettant l'élimination des matières carbonées

Exemple avec le glucose comme composé carboné de départ :

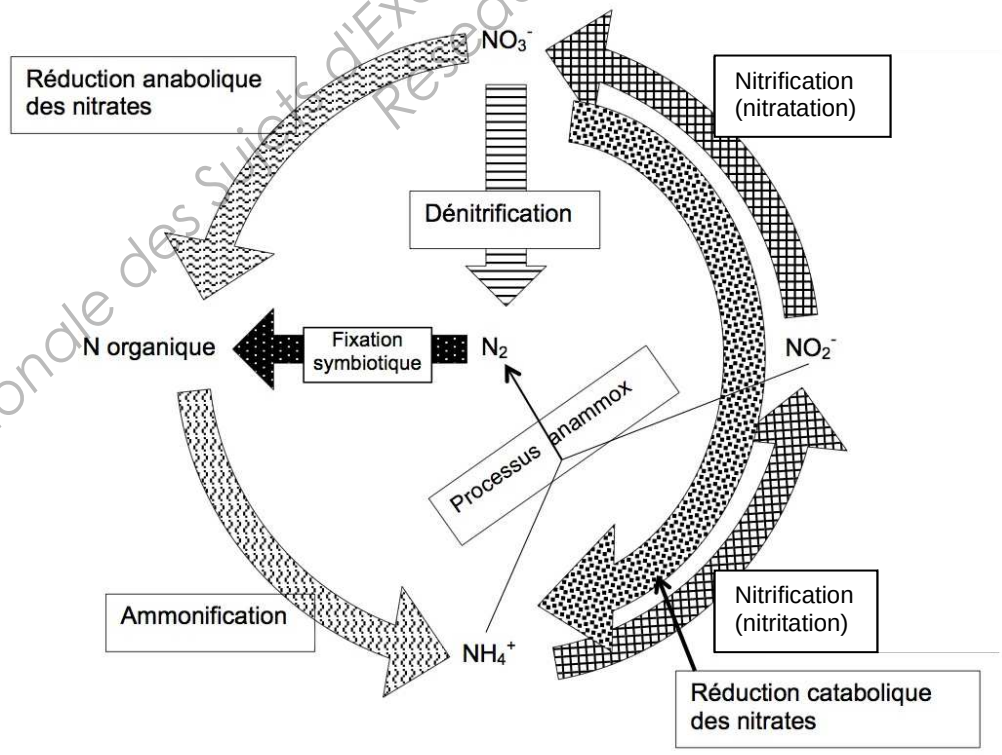


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Annexe 3 – Courbes de croissance en milieu liquide non renouvelé

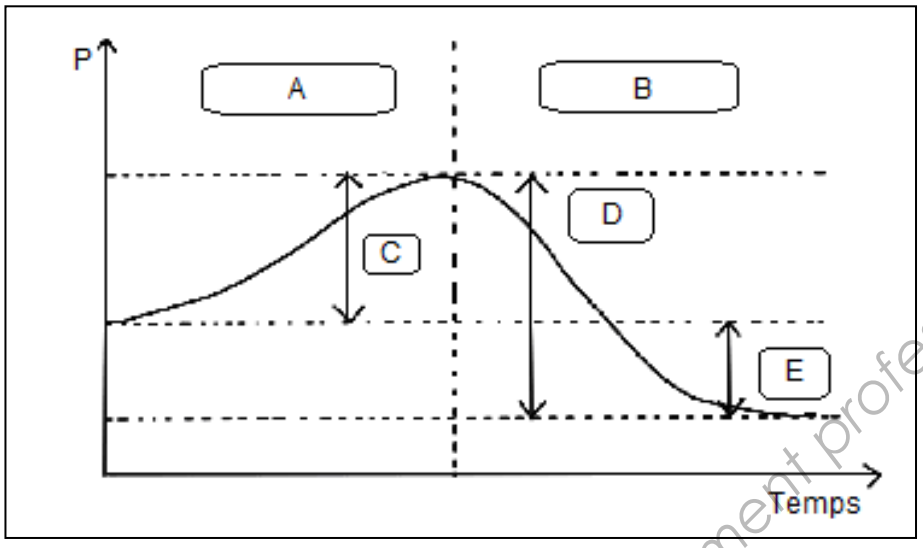


Annexe 4 – Cycle de l'azote



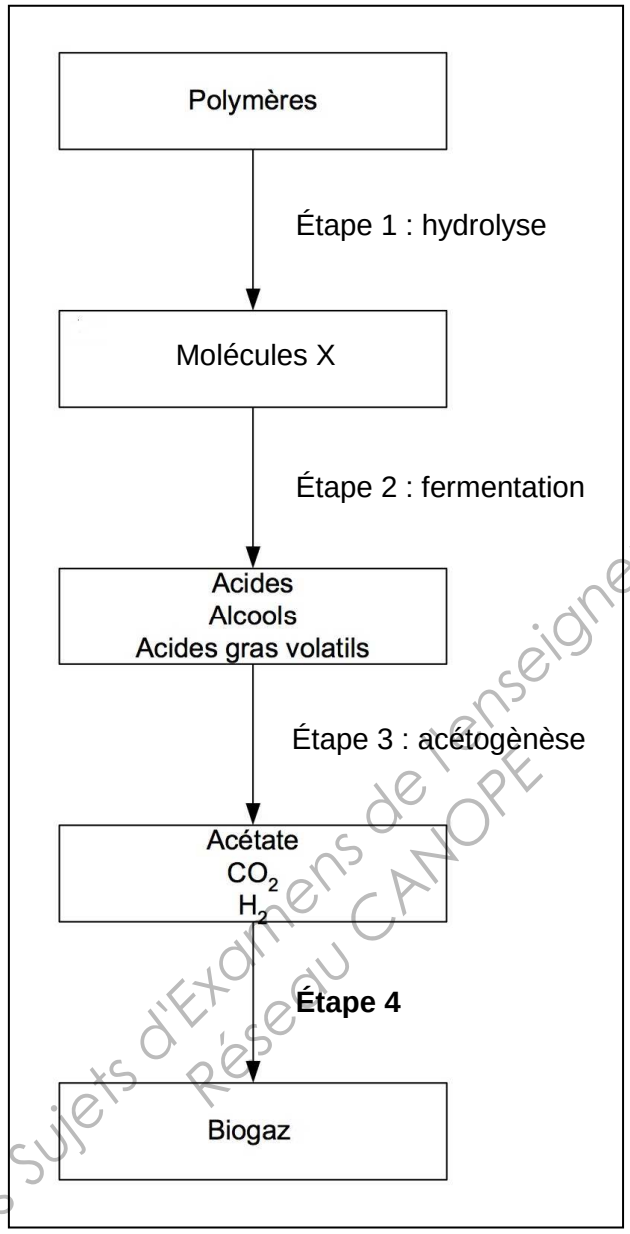
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau CANOPE

Annexe 5 – Courbe montrant l'évolution de la concentration en phosphore P dans la liqueur mixte au cours du temps



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

Annexe 6 – Traitement des boues (schéma des étapes de la digestion anaérobie)



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

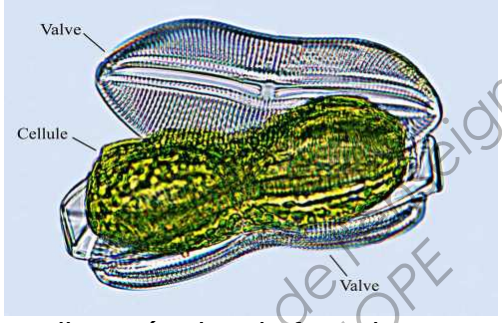
Annexe 7 – Présentation des diatomées

D'après,
- « Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées », Agence de l'eau d'Artois-Picardie et
- « La qualité biologique des cours d'eau en France », Édition 2000, éd. du Réseau National des Données sur l'eau (RNDE).

1) Généralités sur les diatomées

Les diatomées sont des algues brunes, microscopiques et unicellulaires. Leur taille varie de quelques micromètres (µm) à plus de 500 µm. Le nombre d'espèces actuellement connu est proche de 11 000.

Les diatomées ont la particularité de posséder un squelette externe siliceux, le frustule. Celui-ci se compose de deux valves s'assemblant comme le fond et le couvercle d'une boîte de Petri.



Dessin représentant une diatomée dont le frustule s'est ouvert accidentellement (d'après le site internet : http://www.diatomloir.eu/Diatodouces/eaudouce.html).

Le squelette siliceux protège la structure interne composée :
- d'un noyau pouvant contenir plusieurs nucléoles ;
- de **plastes** dont la couleur peut varier du jaune très pâle au brun et qui renferment des chlorophylles.

La détermination des différentes espèces de diatomées repose sur la taille, la morphologie et l'ornementation du squelette.

2) Mode de vie en milieu aquatique

Présentes sous toutes les latitudes, depuis les zones tropicales jusqu'aux pôles, les diatomées se sont adaptées à des conditions et à des milieux radicalement différents : des eaux pures aux eaux les plus polluées ; depuis les sources jusqu'aux estuaires et en milieu marin.

Les diatomées sont considérées comme les algues les plus sensibles aux conditions environnementales. Elles sont connues pour réagir aux pollutions organiques, nutritives (azote, phosphore), salines, acides et thermiques, et peuvent aussi apporter des informations sur l'importance du marnage. Elles sont donc un complément intéressant aux macro-invertébrés qui renseignent essentiellement sur la qualité du milieu (qualité et diversité des habitats) et la qualité de l'eau (matières organiques en particulier).
Les diatomées planctoniques vivent libres dans l'eau.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'Enseignement Professionnel
Réseau CANOPE

Les diatomées périphytiques, quant à elles, vivent fixées à des supports.
Le périphyton désigne, au sens le plus large, toutes les espèces fixées sur des objets immergés ou déposées à leur périphérie immédiate.
Les types de substrat déterminent des **communautés diatomiques** souvent très différentes. On distingue :

- l'épipélon et l'endopélon : écosystème constitué d'espèces libres vivant à la surface et dans le sédiment ;
- l'épipsammon : écosystème constitué d'espèces qui vivent à la surface des grains de sable ;
- l'épilithon : écosystème constitué d'espèces vivant sur les substrats durs et inertes de type pierre-blocs-galets ;
- l'épiphyton : écosystème constitué d'espèces vivant à la surface des végétaux aquatiques.

Annexe 8 – Mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées (IBD)

D'après « L'analyse de l'eau », 9ème édition, Jean Rodier, Bernard Legube, Nicole Merlet et coll., éd. Dunod.

1) Échantillonnage

L'échantillonnage sera réalisé préférentiellement sur des supports durs naturels, les plus stables possible, l'ordre de choix étant le suivant : **blocs, galets, cailloux**.

Effectuer le prélèvement par raclage.

L'échantillonnage doit être effectué en période de basses eaux, en s'assurant que les substrats à échantillonner aient été suffisamment immergés.

Quel que soit le support, la surface échantillonnée est de l'ordre de 100 cm^2 et seul un échantillon est prélevé par station.

2) Mode opératoire simplifié

2.1) Prétraitement de l'échantillon

Sur le terrain, ajouter du formol à l'échantillon pour la conservation.

2.2) Préparation des lames

- Ajouter de l'eau oxygénée pour déstructurer la matière organique et ne conserver que les squelettes permettant une observation plus aisée ;

- rincer et purifier l'échantillon par 3 à 4 rinçages successifs à l'eau déminéralisée ;

- déposer quelques gouttes de la suspension obtenue sur une lamelle et sécher ;

- déposer 1 à 3 gouttes de résine sur une lame et retourner la lamelle portant les diatomées sur cette lame ;

- observer au microscope.

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

2.3) Inventaire des taxons

Sous l'objectif du microscope, balayer la lame suivant un parcours en zig-zag.

Procéder à l'inventaire de 400 diatomées, en identifiant les diatomées faisant partie des 1 488 taxons référencés. Cette liste est présentée **en annexe de la norme NF T 90-354**.

3) Détermination de la probabilité de présence des taxons

Les probabilités de présence des 1 488 taxons ont été déterminées pour 7 classes de qualité d'eau. Les valeurs sont annexées à la norme NF T 90-354 sous forme de tableaux donnant les probabilités de présence pour chacun des 1 488 taxons, en fonction des 7 classes de qualité d'eau classées par ordre de qualité croissante.

Des valeurs seuils, qui serviront à éliminer les taxons insuffisamment abondants, sont également données sur ces tableaux.

4) Valeurs de l'IBD et interprétation

Des classes de qualité d'eau sont définies en fonction de la valeur de l'IBD, elles sont représentées sur les cartes avec le code couleur habituel.

IBD	**< 5**	**5 ≤ IBD ≤ 9**	**9 ≤ IBD ≤ 13**	**13 ≤ IBD ≤ 17**	**≥ 17**
Qualité de l'eau	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Bonne	Très bonne
Code couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu

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

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.