

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR MÉTIER DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

EPREUVE E2 : ETUDE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE SOUS-EPREUVE U21

SESSION 2018

—————
Durée conseillée : 2 heures 30
Coefficient : 2,5
—————

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Papier millimétré à fournir.

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

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 1/12

Liste des annexes :

- **Annexe 1** : Dimensionnement initial de la STEP.
- **Annexe 2** : Résultats du bilan des analyses.
- **Annexe 3** : L'eutrophisation et ses conséquences sur l'environnement.
- **Annexe 4** : Performances nominales pour la station d'épuration concernée. D'après l'extrait de l'arrêté préfectoral du 22 juin 2007. Disponible sur www.legifrance.gouv.fr, consulté le 22/11/2017.
- **Annexe 5** : Influence de la charge massique sur l'efficacité de la nitrification. D'après **AZIMI Sam, DUPONT Joëlle et ROCHER Vincent**. *Le glycérol, sous-produit du biocarburant, pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration*. Retour d'expérience du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. **Techniques Sciences et Méthodes ; N5/2009**.
- **Annexe 6** : Influence de la charge massique sur l'efficacité de la dénitrification. D'après **AZIMI Sam, DUPONT Joëlle et ROCHER Vincent**. *Le glycérol, sous-produit du biocarburant, pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration*. Retour d'expérience du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. **Techniques Sciences et Méthodes ; N5/2009**.
- **Annexe 7** : Détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* d'après la norme ISO 6341 : 2012. Disponible sur www.iso.org, consulté le 22/11/2017
- **Annexe 8** : Résultats obtenus pour la détermination de la Cl_{50-24H} d'un effluent.

Barème

Partie 1 (7 points) : Recherche de l'origine de la pollution et analyse du dysfonctionnement de la STEP

Partie 2 (6 points) : Toxicité des effluents

Partie 3 (7 points) : Détection du cyanure dans l'environnement

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 2/12

Titulaire du Brevet de Technicien Supérieur Métiers des Services à l'Environnement, vous êtes chef de projet environnement au sein de la commune de S. Vous êtes chargé, entre autres missions, d'effectuer périodiquement des contrôles sur les eaux d'entrée et de sortie de la station d'épuration (STEP) afin de vérifier son bon fonctionnement, mais également de contrôler la qualité de l'eau des cours d'eau de la commune.

La commune de S. abrite une importante mine d'or, laquelle a réouvert récemment suite à la découverte en profondeur de nouveaux filons. L'extraction de l'or nécessite des procédés chimiques complexes, faisant intervenir des produits à base de cyanure et dont les rejets sont susceptibles de contaminer les réservoirs aquatiques (nappes phréatiques, cours d'eau, ...).

Outre l'activité aurifère, la commune de S. possède une fromagerie dont les effluents sont chargés de matière organique et dont la décomposition génère de l'ammoniaque. Ces effluents sont prétraités par l'entreprise fromagère puis rejetés dans le système d'assainissement et acheminés vers la STEP.

Cette STEP fonctionne en aération prolongée et ses rejets se font dans une rivière fréquentée par de nombreux pêcheurs. Ses caractéristiques sont présentées en annexe 1.

Après plusieurs mois de fonctionnement très satisfaisants, le traitement des eaux usées se dégrade brutalement. Dans le décanteur, le voile de boue s'élève rapidement et l'indice de Molhman augmente. En sortie de STEP, l'eau de la rivière se trouble. Très rapidement, des algues prolifèrent et les eaux se teintent d'une couleur verdâtre.

Dans l'urgence, il vous est demandé de déterminer l'origine de la pollution apparue et d'envisager des actions correctives qui seront présentées lors d'une réunion avec tous les acteurs concernés : directeur et agents de la station, élus, associations de pêcheurs et de protection de l'environnement. Vous procédez à des prélèvements et effectuez les mesures adéquates au sein du laboratoire d'analyse de la STEP. Les résultats transmis sont consignés en annexe 2.

1. Recherche de l'origine de la pollution et analyse du dysfonctionnement de la STEP

Des tests sont pratiqués pour mesurer les paramètres de l'eau brute ainsi que ceux pour l'eau traitée par la station actuellement (Annexe 2).

1.1- Evaluer la charge journalière de la station en DBO₅.

- Analyser les résultats de ces tests.
- Conclure.

Suite à vos investigations, vous décidez de vous intéresser au traitement de l'azote sur la filière. Afin de comprendre si le dysfonctionnement observé sur la station affecte la nitrification ou la dénitrification, vous étudiez sur un pilote la variation du taux de nitrification et de dénitrification, en fonction de la charge massique, appliquée à l'entrée du pilote (annexes 5 et 6).

La norme prévoit que la charge massique en entrée de bassin, prévue pour un fonctionnement optimal, doit être de 0,1 kg de DBO₅/kg MVS/jour. Actuellement, la STEP reçoit environ 1 kg de DBO₅/kg MVS/jour.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 3/12

Lors de la réunion avec les élus de la commune et les agents de la STEP, vous devez présenter le compte rendu de vos expériences sur l'efficacité de la nitrification et de la dénitrification et les solutions que vous proposez pour faire face à cette pollution. Pour présenter vos résultats, vous souhaitez expliquer également à l'attention des élus, les différentes réactions impliquées dans les processus de nitrification et dénitrification ainsi que les conséquences de cette pollution sur l'environnement.

Afin d'atteindre vos objectifs, vous décidez de :

- 1.2. Commenter les réactions mises en jeu lors du traitement des composés azotés.
- 1.3. Analyser les courbes des annexes 5 et 6. Conclure sur les conditions d'un fonctionnement optimum pour traiter l'azote et sur les conditions du dysfonctionnement de cette STEP.
- 1.4. Proposer des solutions techniques face à ce dysfonctionnement du traitement de l'azote.
- 1.5. Indiquer les conséquences de cette pollution sur l'écosystème aquatique.

2. Toxicité des effluents.

Pour prouver la toxicité des effluents de la STEP vous avez utilisé le test d'inhibition de la mobilité des daphnies (*Daphnia magna*). Ce test est conduit selon le protocole de la norme ISO 6341 (annexe 7).

- 2.1. Présenter l'objectif de ce test.
- 2.2. Justifier le choix de la gamme de concentration retenue pour l'essai final de l'annexe 8.
- 2.3. Afin de rendre plus rapide l'interprétation des résultats, tracer la courbe donnant la variation du pourcentage d'inhibition en fonction du logarithme de la concentration (exprimée en % de dilution).
- 2.4. Déterminer la CE50_{t-24 heures} de l'échantillon.
- 2.5. Analyser la validité de ce résultat.
- 2.6. Conclure en proposant les origines possibles du dysfonctionnement de la STEP.

Au cours de la réunion d'information sur les dysfonctionnements de la STEP, des représentants d'une association de protection de l'environnement vous interpellent quant au risque élevé de pollution de la rivière par le cyanure utilisé pour l'extraction de l'or dans la mine. Le maire vous charge de lui préparer une note d'information pour qu'il puisse répondre à cette inquiétude.

Vous vous interrogez sur la méthode de dosage des ions cyanure et sur la technique de décyanuration.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 4/12

3. Détection du cyanure dans l'environnement

Dosage des ions cyanures

Les ions cyanure sont dosés par une solution de nitrate d'argent. Quand tous les ions cyanure ont réagi, les ions argent en excès donnent un complexe blanc de dicyanoargent de formule $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, difficilement visible. Aussi, pour indiquer la fin de réaction, on ajoute des ions iodures de formule I^- qui forment avec les ions argent en excès un précipité jaune d'iodure d'argent AgI .

3.1. Ecrire l'équation de réaction équilibrée entre les ions argent et les ions cyanure.

3.2. Ecrire l'équation de fin de réaction entre les ions argent et les ions iodure.

L'équation de réaction permet d'établir qu'à l'équivalence nous avons la relation :

$$n(\text{CN}^-) = 2n(\text{Ag}^+)$$

avec :

- $n(\text{CN}^-)$ = quantité d'ions cyanure dosés.
- $n(\text{Ag}^+)$ = quantité d'ions argent ajoutés à l'équivalence.

Afin que l'échantillon dosé ne soit pas trop concentré en ions cyanure, le laborantin dilue dix fois la solution initiale.

3.3. Décrire le protocole permettant de réaliser 1 L de cette solution.

L'équivalence pour le dosage de 20,0 mL de la solution ainsi préparée a été obtenue en versant 8,70 mL d'une solution aqueuse de nitrate d'argent à $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

3.4. Calculer la concentration molaire en cyanure de cette solution puis déduire la concentration de la solution initiale.

3.5. L'Organisation Mondiale de la Santé a fixé à $0,07 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ la concentration maximale de cyanure présent dans un réservoir aquatique. Au-delà de cette concentration, il y a un risque pour la santé des espèces aérobies. Sachant que la masse molaire des ions cyanure est de $26,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, déterminez la concentration massique des ions cyanure de la solution initiale.

3.6. Conclure sur la qualité de l'eau dans cet exemple.

Décyanuration

Les ions cyanure CN^- étant très toxiques, notamment pour les organismes aérobies, il faut procéder à une décyanuration en les transformant en ions cyanate CNO^- , non toxiques.

Ce passage se fait par oxydation des ions cyanure en présence d'eau de Javel et plus précisément des ions hypochlorite ClO^- .

3.7. En considérant les deux couples rédox mis en jeu $\text{CNO}^- / \text{CN}^-$ et $\text{ClO}^- / \text{Cl}^-$, écrire pour chaque couple, la demi-équation rédox ainsi que l'équation d'oxydoréduction qui se produit spontanément entre les ions cyanure et hypochlorite.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 5/12

ANNEXE 1 : DIMENSIONNEMENT INITIAL DE LA STEP

La STEP reçoit les eaux usées d'une ville de 110 000 habitants. Le réseau est de type séparatif. La station est située en zone sensible à l'azote et au phosphore.

La filière de traitement comporte les étapes suivantes :

- Prétraitement ;
- Traitement physico-chimique avec du chlorure ferrique ;
- Bassin d'aération de 2200 m³ fonctionnant alternativement en aérobie puis en anoxie.
- Clarification dans un ouvrage 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 d'être exploitées.

Les affluents bruts sont de type urbain, incluant également le fonctionnement saisonnier d'une fromagerie (ouverte de mai à septembre) et dont la production a augmenté depuis 1 an.

Capacité nominale des ouvrages :

Volume journalier autorisé	1100 m ³
Débit de pointe autorisé	990 m ³ /jour
DBO ₅	310 kg/jour
Charge massique optimale en entrée de bassin d'aération : Cm = Charge massique	Cm = 0,1 kg DBO ₅ / kg MVS/jour ⁽¹⁾
DCO	630 kg/jour
MES	450 kg/jour
NGL	45 kg/jour
Pt	9 kg/jour

⁽¹⁾ MVS = Matière Volatile en Suspension

Une exploitation en faible charge (inférieur à 0,1 kg DBO₅ par kg de MVS et par jour) consiste à fournir peu d'éléments nutritifs à un écosystème épurateur concentré, tandis que c'est l'inverse en forte charge (supérieure à 1 kg/kg/jour), qui limite la concentration en bactérie mais augmente leur vitesse d'oxydation. Un fonctionnement en moyenne charge est un compromis entre les deux modes de fonctionnement (0,2 à 0,5 kg/kg/jour).

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 6/12

ANNEXE 2 : RESULTATS DU BILAN DES ANALYSES

Débit moyen enregistré : 1000 m³/jour.

Paramètre	Eaux brutes	Eaux traitées	Rendement
DBO ₅	610 mg.L ⁻¹	90 mg.L ⁻¹	85 %
DCO	685 mg.L ⁻¹	120 mg.L ⁻¹	82 %
MES	421 mg.L ⁻¹	39 mg.L ⁻¹	91 %
NGL	61 mg.L ⁻¹	27 mg.L ⁻¹	56 %
Pt	10 mg.L ⁻¹	6 mg.L ⁻¹	40%

ANNEXE 3 : L'EUTROPHISATION ET SES CONSEQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT

L'eutrophisation est une forme de pollution qui se produit lorsqu'un milieu aquatique reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et les autres végétaux, lesquels prolifèrent grandement.

L'eutrophisation peut être soit d'origine naturelle, soit d'origine humaine (activités industrielles, domestiques, agricoles). Dans ce dernier cas, on parle alors de dystrophisation. Elle affecte principalement les eaux stagnantes ou à faible renouvellement, mais aussi les cours d'eau à débit lent et certaines zones côtières. La présence d'azote et de phosphore en excès est la raison principale de l'eutrophisation.

Le phosphore est un élément nutritif indispensable à la croissance des végétaux. Toutefois, il est peu présent dans les milieux aquatiques, ce qui limite le développement des algues et autres végétaux. Ainsi, en présence d'un excès de phosphore, la croissance des végétaux est accélérée.

En cas d'excès d'azote, son utilisation biologique n'est plus suffisante et l'azote excédentaire est utilisé comme substrat pour la croissance des algues.

L'enrichissement du milieu aquatique par ces deux minéraux se fait par les rejets domestiques, industriels et agricoles, qu'il s'agisse d'engrais (naturels ou chimiques) ou d'eaux résiduelles d'élevages entraînés par le ruissellement.

Lorsque ces algues, issues de cette pollution, meurent, elles génèrent des débris organiques qui vont être utilisés comme substrat pour le développement de microorganismes aérobies. Ces microorganismes consomment le dioxygène, provoquant un appauvrissement de cet élément dans le milieu aquatique, ce qui provoque l'asphyxie, puis la mort d'organismes aérobies comme les poissons.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 7/12

ANNEXE 4 : PERFORMANCES NOMINALES POUR LA STATION D'EPURATION CONCERNEE

Extrait de l'arrête préfectoral du 22 juin 2007

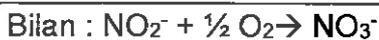
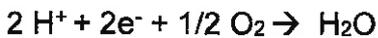
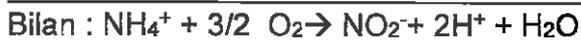
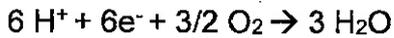
PARAMÈTRE	CONCENTRATION MAXIMALE A NE PAS DEPASSER	RENDEMENT
DBO5	25 mg/L	80%
DCO	125 mg/L	75%
MES	35 mg/L	90%
NGL	15 mg/L	70%
Pt	2mg/L	80%

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 8/12

ANNEXE 5 : INFLUENCE DE LA CHARGE MASSIQUE SUR L'EFFICACITÉ DE LA NITRIFICATION

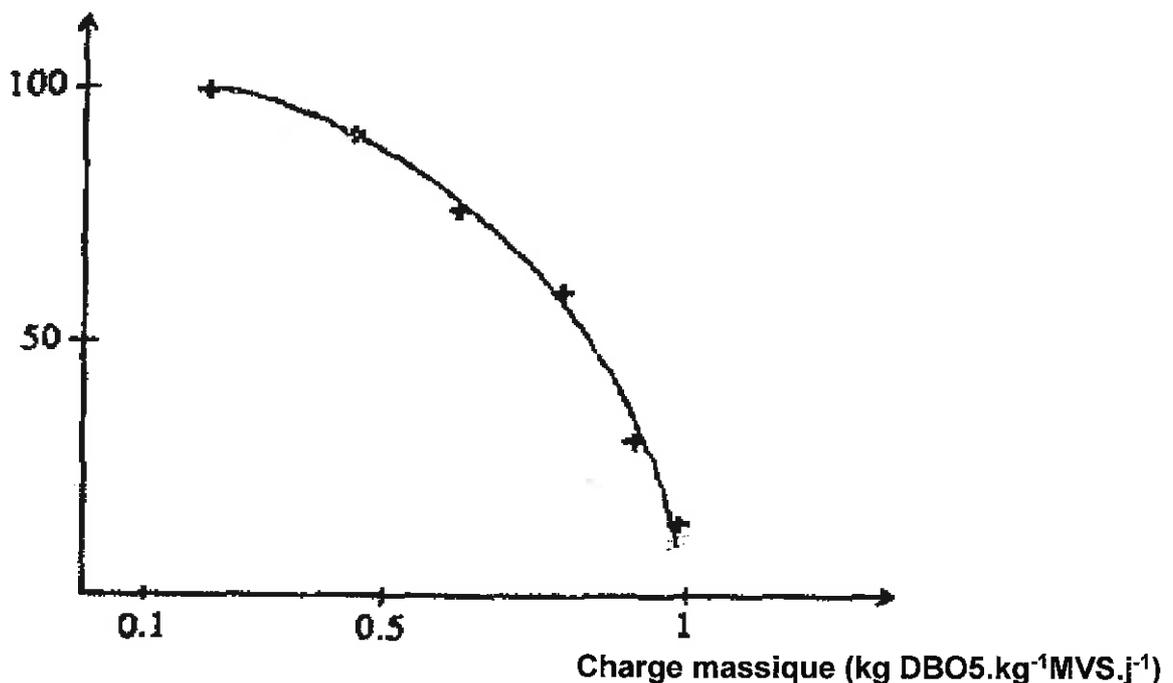
Les bactéries responsables de la nitrification sont aérobies strictes et chimiolithotrophes. Elles sont autotrophes vis-à-vis du carbone.

Les réactions mises en jeu au sein du bassin aérobie sont :



Influence de la charge massique sur la nitrification

Pourcentage Nitrification (%)

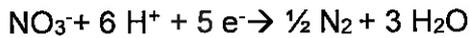


D'après AZIMI Sam, DUPONT Joëlle et ROCHER Vincent. *Le glycérol, sous-produit du biocarburant, pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration*. Retour d'expérience du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. **Techniques Sciences et Méthodes** ; N5/2009. Consulté le 22 Novembre 2017.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 9/12

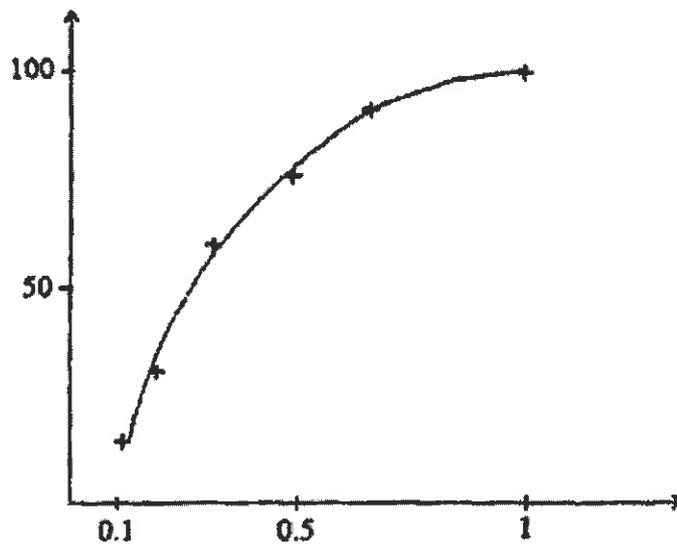
ANNEXE 6 : INFLUENCE DE LA CHARGE MASSIQUE SUR L'EFFICACITE DE LA DENITRIFICATION

Les bactéries intervenant dans la dénitrification sont chimio-organotrophes et hétérotrophes vis-à-vis du carbone. Elles utilisent les nitrates comme accepteur final d'électrons. L'anoxie est obligatoire à la réalisation de la dénitrification suivante :



Influence de la charge massique sur la dénitrification

Pourcentage de Dénitrification (%)



Charge massique (kg DBO5.kg⁻¹MVS.j⁻¹)

D'après AZIMI Sam, DUPONT Joëlle et ROCHER Vincent. *Le glycérol, sous-produit du biocarburant, pour dénitrifier les eaux usées par biofiltration*. Retour d'expérience du Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne. **Techniques Sciences et Méthodes** ; N5/2009. Consulté le 22 Novembre 2017.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 10/12

ANNEXE 7 : DÉTERMINATION DE L'INHIBITION DE LA MOBILITE DE *DAPHNIA MAGNA* D'APRÈS LA NORME ISO 6341 : 2012

Détermination, dans des conditions définies, de la concentration initiale en substances toxiques, présumée dans l'eau étudiée.

C'est la concentration qui immobilise 50 % des crustacés (*Daphnia magna*) mis en expérimentation, en 24 (ou 48) heures. Cette concentration, dite concentration efficace initiale inhibitrice, est désignée par CE 50_{i-24 h}.

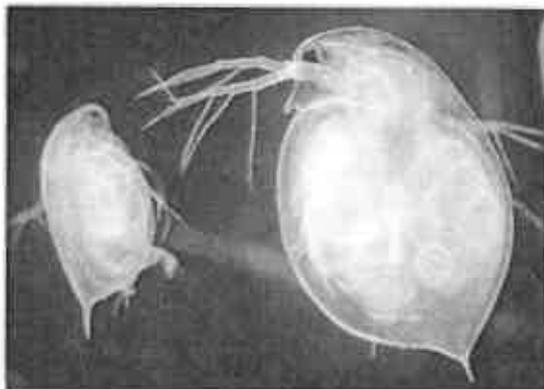
Dans le cas d'un effluent, cette concentration est exprimée en % de dilution ou en mL/100 mL.

La sensibilité du lot de daphnies aux toxiques est correcte si la CE 50_{i-24 h} du dichromate de potassium, déterminé en parallèle, est comprise entre 0,6 et 1,7 mg/L.

L'essai se conduit en une ou deux étapes.

- Un essai préliminaire sert à déterminer la gamme de concentration pour l'essai définitif et donne une valeur approximative de la CE 50_{i-24 h}. Il se pratique sur une large gamme de dilutions et avec un nombre restreint de daphnies.

- Un essai définitif permet d'établir précisément la valeur de la CE 50_{i-24 h} ainsi que les concentrations correspondant à 0 % et 100 % d'immobilisation. Il doit être réalisé sur au moins 3 concentrations donnant des pourcentages d'immobilisation compris entre 10 et 90 %.



Les essais se mènent en réalisant des dilutions de l'échantillon à analyser.

Après 24 heures à une température comprise entre 18 et 22 °C, on vérifie que la teneur en dioxygène dissous est au moins égale à 2 mg/L ; on dénombre les daphnies qui sont encore mobiles (se déplacent) et on calcule les pourcentages d'immobilisation.

Un témoin, constitué d'un même nombre de daphnies, placées dans un même volume d'eau de dilution, est mené en parallèle. La mortalité doit y être inférieure à 10 %.

Le nombre de *Daphnia magna* introduit dans chaque essai est égal à 5.

Source : Norme ISO 6341 : 2012. <www.iso.org>

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 11/12

ANNEXE 8 : RÉSULTATS OBTENUS POUR LA DÉTERMINATION DE LA CI50_i-24H D'UN EFFLUENT

Les essais se font en tubes contenant 5 *Daphnia magna* et 10 mL de dilution de l'effluent.

1. Résultats de l'étude préliminaire (1 tube par dilution).

Le tableau ci-dessous donne les daphnies mobiles après 24 heures d'incubation à 20 °C.

Concentration (mL/100 mL)	90	50	10	5	1	0,5	0,1	0,005	0,01
<i>Daphnia magna</i> mobiles	0	0	0	0	0	3	5	5	5

2. Essai définitif (4 tubes par dilution).

Après 24 heures d'incubation à 20°C, la concentration en oxygène dissous des tubes est comprise entre 2,8 mg/L (pour les tubes témoins) à 7,2 mg/L pour les tubes de concentrations à 1 %.

Le nombre de daphnies mobiles par tube après incubation est donné dans le tableau ci-dessous.

Concentration (% de dilution)	Nombre de <i>Daphnia magna</i> mobiles dans le tube				Total de <i>Daphnia magna</i> mobiles en fin d'essai, pour chaque concentration	% de <i>Daphnia magna</i> immobilisées pour chaque concentration
	N°1	N°2	N°3	N°4		
0 (témoin)	5	5	5	5	20	
0,1	5	5	5	5	20	
0,2	5	5	4	5	19	
0,4	4	5	3	3	15	
0,6	2	1	3	2	8	
0,8	1	0	2	1	4	
1	0	1	0	0	1	

3. Sensibilité du lot de *Daphnia magna* au dichromate de potassium.

Un essai, mené en parallèle, dans les mêmes conditions que pour l'échantillon à analyser, a donné une CE50_i-24 h de 1,12 mg/L.

BTS MSE		Session 2018
Epreuve E2 : étude scientifique et technologique. Sous-épreuve U21 : chimie, biologie.	Code MSE2EST	Page : 12/12