

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MÉTIER DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

ÉPREUVE U21

Sous-Épreuve :
Chimie - biologie

SESSION 2017

Durée : 2 heures 30 minutes
Coefficient : 2,5

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique, à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186 du 16/11/1999)

Partie 1 (3.75 points) : présentation de l'usine de méthanisation.

Partie 2 (9.5 points) : présentation de l'évolution de la pollution.

Partie 3 (3.25 points) : dosage des ions ammonium.

Partie 4 (3.5 points) : évènement climatique.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10

Vous êtes Technicien-ne Supérieur-e attaché-e au Service Environnement et Prévention des pollutions de la région Bretagne, en charge de la zone traversée par la rivière le Lié.

Vous êtes chargé-e de rendre compte d'un accident (Annexe 1) ayant impacté une zone de captage d'eau, survenu deux mois plus tôt sur un site industriel régional de méthanisation. La réunion a lieu devant les élus du territoire concerné par l'accident, suite aux plaintes d'usagers concernant les perturbations de la distribution d'eau.

I- Présentation de l'usine de méthanisation (3,75 pts)

Votre réunion commence par une présentation de l'usine de méthanisation. La méthanisation est un bioprocédé qui peut être mis en œuvre dans un digesteur pour dépolluer des rejets chargés en matière organique, tout en produisant de l'énergie sous forme de méthane (biocarburant de troisième génération). Ce procédé permet de traiter des rejets aussi divers que les eaux usées, les boues de stations d'épuration, les déjections animales, les déchets de l'industrie agro-alimentaire, les déchets de cuisine, les ordures ménagères, les déchets agricoles...

Bien que le méthane ne soit pas à l'origine de l'accident, vous souhaitez présenter les dangers liés à la manipulation de ce composé.

1-1 Le méthane a pour formule brute CH_4 .

- a) Préciser la famille chimique à laquelle il appartient.
- b) Donner sa formule développée.

1-2 Présenter les dangers liés à la manipulation de ce composé.

Vous souhaitez ensuite montrer l'intérêt de la production de méthane. L'usine en produit quotidiennement un volume de $5\,000\text{ m}^3$, qui libèrera de l'énergie utilisable lors de sa combustion.

1-3 Calculer la quantité de matière de méthane correspondant à la production journalière de l'usine.

1-4 Ecrire l'équation de la réaction de combustion, supposée complète, du méthane avec le dioxygène de l'air sachant qu'il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau.

Quand la combustion du méthane donne une flamme bleue, on dit que cette combustion est « complète ».

1-5 Citer la condition à laquelle la combustion étudiée ici peut être complète.

1-6 Montrer que la quantité de matière de CO_2 dégagé lors de la combustion du méthane est $n_{\text{CO}_2} = 2,10 \times 10^5$ mol.

1-7 Calculer la masse de CO_2 correspondante.

1-8 Présenter l'inconvénient du rejet de CO₂ dans l'atmosphère.

L'énergie libérée par la combustion de 1,0 g de méthane est de 56 kJ.

1-9 Calculer l'énergie libérée lors de la combustion de $n_0 = 1,0$ mole de méthane.

1-10 Comparer la valeur calculée avec celles des autres combustibles donnés dans l'annexe 5.
Conclure.

II- Présentation de l'évolution de la pollution (9,5 pts)

Votre intervention aborde ensuite la question des impacts sur l'environnement liés à cet accident au niveau du bassin versant incluant la rivière le Lié. L'usine se trouve à 1 km de cette rivière, séparée par une étendue de champs et de forêts. Le point de captage se trouve à 4 km en aval.

2-1 Préciser la notion de « bassin versant ».

2-2 Dresser un tableau comparant les modalités, avantages et inconvénients de la circulation des polluants lors de l'épanchement de telles substances en fonction des types d'occupation des sols constatés.

Vous poursuivez avec les types de polluants émis par l'usine de méthanisation et les modifications que ceux-ci peuvent connaître. Pour sa part, l'ammonium présent dans l'eau va subir en milieu naturel un processus de nitratisation.

2-3 Schématiser le cycle de l'azote

2-4 Indiquer les molécules se formant à partir de l'ion ammonium.

2-5 Conclure sur l'impact environnemental des nouvelles molécules produites.

III- Dosage des ions ammonium (3,25 pts)

On présente le protocole du dosage des ions ammonium. L'ion NH₄⁺ est un acide faible (couple acide base NH₄⁺/NH₃). On dose un volume $V = 10,0$ mL de solution d'ammonium par une solution de soude (Na⁺ + HO⁻) de concentration en ions HO⁻ : $C_B = 1,0 \cdot 10^{-1}$ mol.L⁻¹.

3-1 Faire le schéma légendé du montage pour un dosage conductimétrique ou pH-métrique.

3-2 Donner l'équation de la réaction du dosage.

3-3 A partir des courbes de l'annexe 7 choisir celle qui vous paraît la plus appropriée pour déterminer le volume équivalent.

- 3-4 Justifier la réponse.
- 3-5 Déterminer V_{equiv} .
- 3-6 En déduire la concentration molaire C_A en NH_4^+ de la solution.
- 3-7 En déduire la concentration massique C_{mA} correspondante.
- 3-8 Expliquer l'allure de la courbe du dosage conductimétrique (Annexe 7).
- 3-9 Rappeler la formule liant pH et pK_a . A partir des courbes obtenues en annexe 7, déterminer la valeur du pK_a du couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$.
- 3-10 Justifier, à partir du tableau de l'annexe 8, qu'il n'est pas possible d'utiliser un indicateur coloré pour faire un dosage colorimétrique de la solution précédente.

IV- Événement climatique (3,5 pts)

Neuf heures après le début de l'accident, une pluie s'est déclenchée dans une aire englobant l'usine. La pluviométrie relevée a été de 4 mm, tombés en l'espace d'une demi-heure sur une surface représentant 5% de la superficie du bassin. Vous précisez au public de la réunion les conséquences de cet événement climatique.

- 4-1 Calculer le volume d'eau tombée en m^3 sur l'aire considérée.
- 4-2 Expliquer l'impact de cette précipitation sur la pollution émise lors de l'accident, au niveau des sols, de sous-sols et au niveau de la rivière.
- 4-3 Présenter les arguments en faveur de l'arrêt de la station de captage.

Données :

- Masse volumique du méthane (15 °C, 1 bar) : $\rho_{\text{méthane}} = 0,67 \text{ g.L}^{-1}$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.
- Conductivités molaires ioniques : $\lambda(\text{NH}_4^+) = 7,4 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda(\text{HO}^-) = 19 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$;
 $\lambda(\text{Na}^+) = 5,0 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- Masses molaires atomiques : $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Liste des annexes :

- **Annexe 1** : Récit de l'accident survenu le 10 mai 2015.
- **Annexe 2** : Données sur le Lié
Disponible sur : <http://services.sandre.eaufrance.fr/>, consulté le 01/09/2016
- **Annexe 3** : Extrait des normes U.E. sur l'eau potable (Directive n° 98/83/CE du 03/11/98)
Disponible sur : www.ineris.fr, consulté le 01/09/2016
- **Annexe 4** : Pictogrammes de sécurité du méthane
- **Annexe 5** : Energies de combustion
- **Annexe 6** : Protocole du dosage de l'ammonium
- **Annexe 7** : Courbes de suivi pH-métrique et conductimétrique du dosage de l'ammonium
- **Annexe 8** : Zones de virages de quelques indicateurs colorés acido-basiques

Annexe 1

Récit de l'accident survenu le 10 mai 2015.

Dans les Côtes-d'Armor, le 10 mai 2015 vers 9h du matin, un bac de stockage d'effluents organiques (lisiers de porc, boues de traitement d'industrie agroalimentaire) déborde dans une usine de méthanisation, à la suite d'une panne sur un capteur de niveau. Le produit ruisselle sur le bitume et se déverse dans le bassin d'orage dont les vannes sont restées ouvertes ; 50 m³ de matières organiques liquides polluent deux cours d'eau : le Lié et son affluent le Fromené. La dilution du lisier dans l'eau rend inefficace le barrage de paille, installé par les pompiers. Les autorités interdisent toute activité aquatique. Les services préfectoraux et l'Agence Régionale de Santé (ARS) sont informés, tout comme les autorités du Morbihan que le Lié traverse. La gendarmerie ne relève pas de mortalité aquatique ce jour-là.

Les relevés habituels en ions ammonium NH₄⁺ dans toute la rivière sont en général de 0,1 mg.L⁻¹ (par exemple au 01/05/2015). Dans l'après-midi de l'accident, prévenue par la gendarmerie, la station de captage d'eau potable située à 4 km en aval de l'usine de méthanisation est mise à l'arrêt.

A 21 h l'exploitant du captage mesure au niveau de celui-ci une concentration en ammonium de 20,0 mg.L⁻¹.

Le lendemain à 9 h, la concentration est passée à 1,0 mg.L⁻¹ au niveau du captage et de 2,0 mg.L⁻¹ à deux kilomètres en amont, au lieu-dit « le Vaublanc ».

Annexe 2

Données sur le Lié

Longitude, latitude de la source (Degrés décimaux) : Long : -2,8273, Lat : 48,3377

Longitude, latitude du dernier point de confluence (Degrés décimaux) : Long : - 2,6584, Lat : 48,0079

Longueur en km : 60,7

Départements traversés : COTES-D'ARMOR (22), MORBIHAN (56)

Bassins : La Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons

Surface du bassin versant : 477 km²

Occupation du sol du bassin versant:

Territoires artificialisés	2,63 %
Territoires agricoles	84,73 %
Forêts et milieux semi-naturels	12,60 %
Zones humides	0,00 %
Surfaces en eau	0,04 %

Agence de l'eau : Loire-Bretagne

disponible sur : <http://services.sandre.eaufrance.fr/>, consulté le 01/09/2016

Annexe 3

Extrait des normes U.E. sur l'eau potable (Directive n° 98/83/CE du 03/11/98)

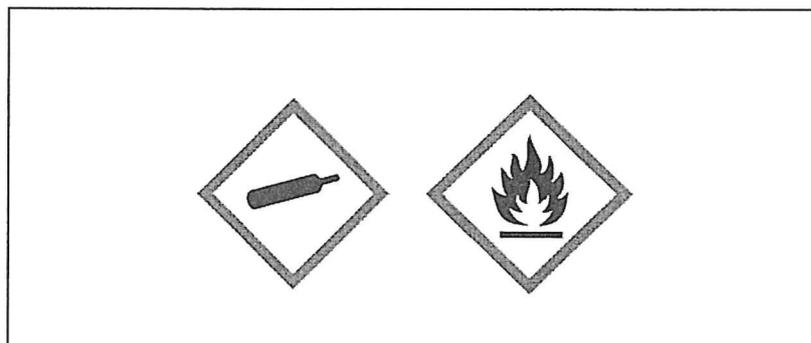
Paramètres indicateurs

Paramètres	Symbole/ formule	Valeur paramétriques
Aluminium	Al ³⁺	0,2 mg/L
Ammonium	NH ₄ ⁺	0,50 mg/L
Chlore	Cl ⁻	250 mg/L
<i>Clostridium perfringens</i> (incluant les spores)		0/100 mL
Couleur		Acceptable pour les consommateurs sans couleurs anormales
Conductivité		2500 µS/cm à 20 °C
pH	H ⁺	≥ 6,5 et ≤ 9,5
Fer	Elément fer	0,2 mg/L
Manganèse	Mn	0,05 mg/L
Odeur		Acceptable pour les consommateurs et sans odeurs anormales
Pouvoir oxydant		5,0 mg/L O ₂
Sulfate	SO ₄ ²⁻	250 mg/L
Sodium	Na	200 mg/L
Goût		Acceptable pour les consommateurs et sans goûts particuliers
Nombre de colonies à 22 ^o C		Pas de concentrations anormales
Bactéries coliformes		0/100 mL
Carbone organique total		Pas de changement anormal
Turbidité		Acceptable pour les consommateurs et pas de changement anormal
Tritium	³ H	100 Bq/L
Dose indicative totale		0,10 mSv/an

D'après : www.ineris.fr, consulté le 01/09/2016

Annexe 4

Pictogrammes de sécurité du méthane



Annexe 5

Énergies de combustion

Energies molaires de combustion de quelques combustibles :

Combustible	Essence	Gazole	Ethanol	Propane	Butane
$E_{\text{mol, combust}} \text{ (kJ.mol}^{-1}\text{)}$	4200	7600	1300	2219	2800

Annexe 6

Protocole du dosage de l'ammonium

Protocole expérimental

On réalisera simultanément le suivi pH-métrique et le suivi conductimétrique de ce dosage. Il faudra donc régler les 2 appareils et mettre les deux sondes dans la solution.

Dans un bécher, introduire un volume $V_0 = 10,00 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure d'ammonium de concentration inconnue C .

Ajouter 90 mL d'eau distillée mesurés à l'aide d'une éprouvette ; introduire délicatement le barreau aimanté.

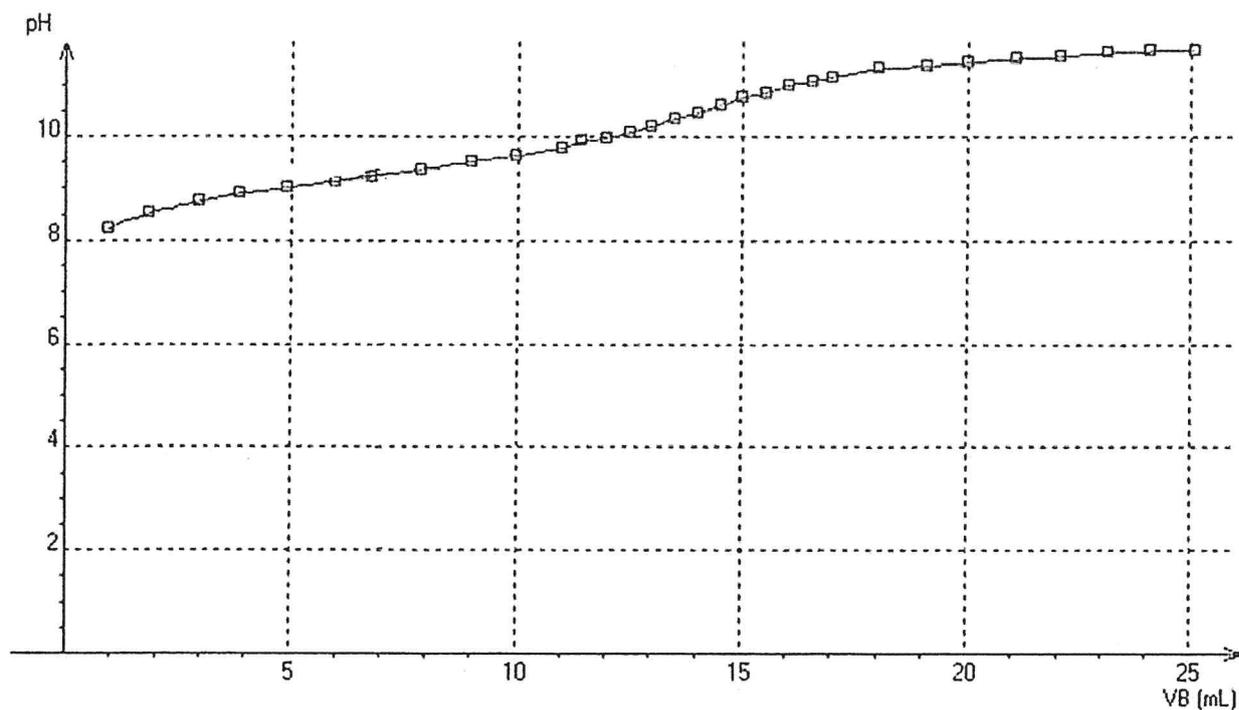
Préparer la burette en la remplissant de solution de soude de concentration $C_B = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Descendre la sonde pH-métrique et les électrodes dans le bécher en faisant attention à ce qu'elles trempent bien dans la solution, mais qu'elles soient au-dessus du barreau aimanté. Placer la burette au-dessus du bécher. Ajouter lentement la solution de soude.

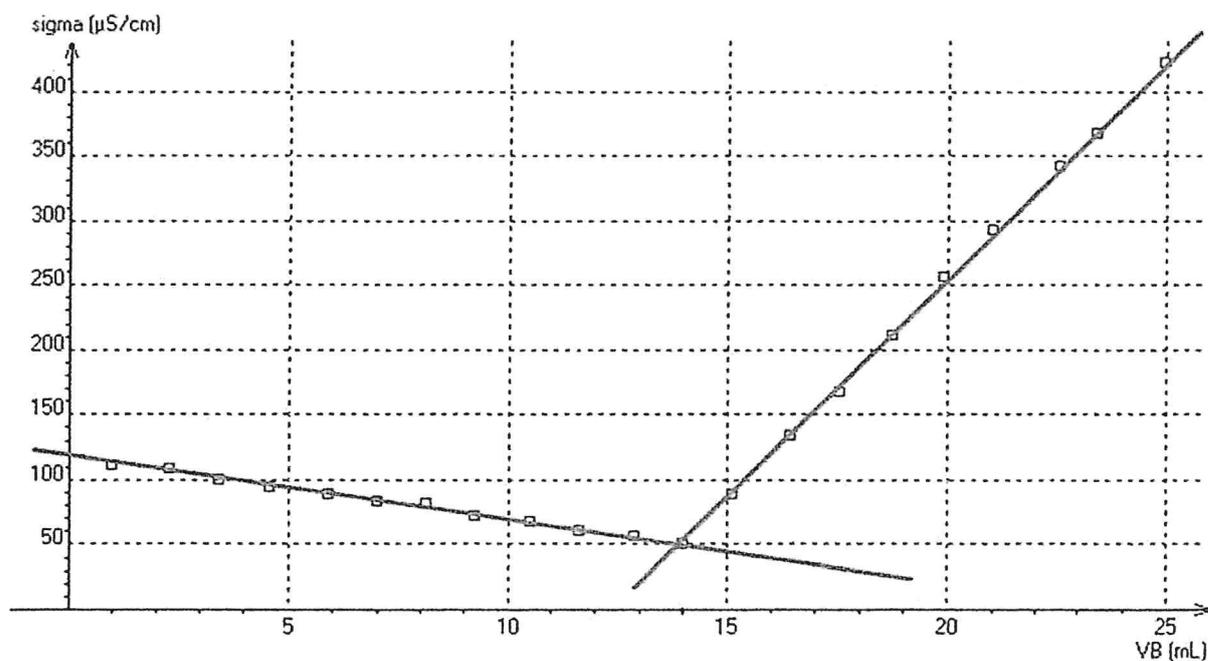
Annexe 7

Courbes de suivi pH-métrique et conductimétrique du dosage de l'ammonium

Le dosage par pH-métrie donne la courbe :

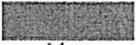
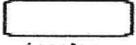


Le dosage par conductimétrie donne la courbe :



Annexe 8

Zones de virages de quelques indicateurs colorés acido-basiques

Indicateur	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique
Orange de Méthyle	 rouge	3,2 – 4,4	 jaune
Vert de bromocrésol	 jaune	3,8 – 5,4	 bleu
Rouge de méthyle	 jaune	4,8 – 6,0	 rouge
Bleu de bromothymol	 jaune	6,0 – 7,6	 bleu
Rouge de phénol	 jaune	6,8 – 8,4	 rouge
Phénolphtaléine	 incolor	8,2 – 10,0	 violet