EXERCICE I - DES BULLES SUR L'EAU (9 points)

L'entretien d'une piscine privée nécessite, entre autres choses, un apport régulier d'eau pour compenser l'évaporation, un traitement biocide pour la qualité de l'eau et un contrôle de la température de l'eau pour le confort de la baignade. Cet exercice propose d'étudier l'intérêt que peut présenter l'utilisation d'une couverture à bulles sur la surface du plan d'eau. On désignera par « bassin » l'eau et l'ensemble des surfaces (latérales, fond et éventuellement couverture à bulles) en contact avec l'eau.

Données :

- masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{eau} = 1{,}00\times10^{3}$ kg.m^{-3} ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4{,}18\times10^{3}$ J.kg^{-1}.K^{-1} ;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1} ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s ;
- un corps dont la température est de l'ordre de 25°C émet un rayonnement électromagnétique dont le maximum d'intensité est à une longueur d'onde de 10^{4} nm.

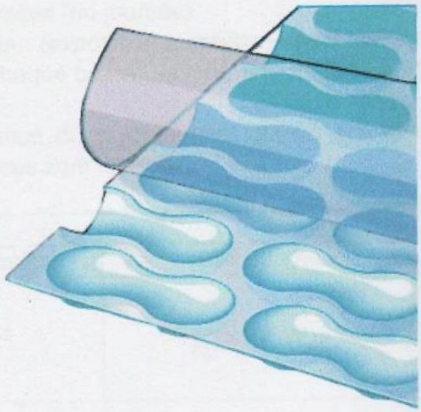
Caractéristiques d'une couverture à bulles translucide

La couverture enferme des bulles d'air entre deux couches de film plastique.
L'épaisseur totale de plastique est d'environ 500 µm.
L'épaisseur de la lame d'air emprisonnée dans les bulles est estimée à 0,5 cm en moyenne.

Conductivités thermiques des matériaux utilisés :

- pour l'air $\lambda_a = 0{,}03$ W.m^{-1}.K^{-1} ;
- pour le plastique $\lambda_p = 0{,}4$ W.m^{-1}.K^{-1}.

Remarque : plus la conductivité thermique d'un matériau est faible, plus il est isolant thermiquement.



Cette couverture est opaque aux infrarouges et aux ultraviolets mais est translucide dans le domaine visible.
Dans le domaine visible, le rayonnement reçu est :

- peu réfléchi ;
- partiellement absorbé ;
- principalement transmis.

1. Limiter la baisse de température la nuit

Tout usager de piscine ouverte peut constater que la température de l'eau baisse sensiblement la nuit. Dans le cas des piscines bâties, les surfaces latérales constituent de très bons isolants de sorte que les transferts thermiques se font principalement à la surface de l'eau. L'utilisation d'une couverture à bulle limite la diminution de la température.

1.1. Citer les modes de transferts thermiques qui peuvent expliquer la diminution de température de l'eau en l'absence de couverture à bulles.

1.2. Citer deux arguments permettant d'expliquer de manière qualitative l'efficacité de la couverture à bulles translucide pour l'isolation thermique de l'eau de baignade.

On étudie une piscine non couverte de surface 32 m^2 et de volume 48 m^3. Après une nuit, on mesure :

- une baisse du niveau d'eau par évaporation de 5 mm ;
- une diminution de la température du bassin de 4°C.

L'évaporation de l'eau nécessite, pour des températures voisines d'une vingtaine de degrés Celsius, un apport de $2{,}4\times10^{6}$ joules par kilogramme d'eau évaporée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 9
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.3. Montrer que l'énergie nécessaire à l'évaporation d'eau pour la nuit étudiée est de l'ordre de 4×10^{8} J.

1.4. Dans l'hypothèse où toute l'énergie nécessaire à l'évaporation est apportée par les 48 m^3 d'eau de la piscine, calculer la baisse de température de l'eau du seul fait de l'évaporation.

1.5. À l'aide des réponses aux questions précédentes, présenter les avantages de l'utilisation d'une couverture à bulles.

2. Augmenter la température en journée

Certaines couvertures à bulles contribuent également au chauffage de l'eau de baignade pendant la journée. Pour comparer l'efficacité de deux couvertures à bulles, l'une noire opaque, l'autre translucide, on réalise trois expériences à l'aide de deux bassins identiques de petites dimensions, nommés A et B, dont les caractéristiques utiles sont présentées ci-dessous.

Caractéristiques des bassins A et B

Le fond et les surfaces latérales des bassins sont thermiquement isolés.

- surface d'eau en contact avec l'air : $S = 7{,}6\times10^{-2}$ m^2 ;
- volume d'eau : $V = 1{,}3\times10^{-2}$ m^3.

Protocole des expériences et résultats

Les trois expériences sont réalisées sur trois journées aux mêmes horaires (mi-journée).
Les deux bassins A et B sont soumis au même environnement extérieur (exposition au rayonnement solaire et température de l'air). On relève, après brassage de l'eau et pour chaque bassin, la température initiale et la température après deux heures d'exposition.
Une application disponible sur Internet permet d'estimer la puissance du rayonnement solaire sur une surface horizontale au sol dans la zone géographique où les expériences sont menées.

Expérience	**1**		**2**		**3**	
Exposition	Ciel clair, pleine lumière		Ciel clair, pleine lumière		Ciel nuageux	
Puissance du rayonnement solaire reçu par unité de surface	$8{,}5\times10^{2}$ W.m^{-2}		$8{,}5\times10^{2}$ W.m^{-2}		$5{,}1\times10^{2}$ W.m^{-2}	
Température de l'air	29°C		34°C		23°C	
Bassin	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
Couverture à bulles	Aucune	Translucide	Noire opaque	Translucide	Noire opaque	Translucide
Température initiale	24,1°C	24,1°C	24,0°C	24,0°C	23,8°C	23,8°C
Température après 2h d'exposition	28,0°C	28,8°C	27,5°C	28,8°C	23,7°C	24,4°C

2.1. Les couvertures à bulles testées présentent-elles toutes deux un intérêt en vue de l'élévation de température de l'eau de baignade ? Justifier.

On définit le rendement d'une couverture comme le rapport de l'énergie transmise à l'eau du bassin ΔU_{eau} sur l'énergie solaire $E_{solaire}$ reçue à sa surface : $\eta = \frac{\Delta U_{eau}}{E_{solaire}} \times 100$ en %.

2.2. Dans l'hypothèse où le transfert thermique vers le bassin se fait intégralement par rayonnement, calculer le rendement de la couverture translucide dans le cadre de l'expérience 1.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Dans les conditions de l'expérience 3, le rendement de la couverture translucide est égal à 12 %.

2.3. Montrer que, dans ces conditions et pour la même durée d'exposition, l'utilisation d'une couverture translucide sur une piscine de surface 32 m^2 et de volume 48 m^3 ne provoque pas d'augmentation significative de la température.

3. Réduire la consommation de produit de traitement

L'acide hypochloreux HClO utilisé pour le traitement de l'eau de très nombreuses piscines privées se dégrade par exposition aux rayonnements solaires : il subit une photolyse, c'est-à-dire une rupture de la liaison O-Cl, suite à l'absorption d'un photon. Les fabricants annoncent que l'usage de couvertures à bulles permet une économie de produit de traitement.

L'énergie nécessaire à la rupture de la liaison O-Cl en phase gazeuse est $D = 251 \times 10^3$ J.mol^{-1}.

3.1. Montrer que la longueur d'onde du photon absorbé lors de la photolyse de HClO en phase gazeuse est égale à 480 nm.

Le calcul précédent correspond à la photolyse de l'acide hypochloreux en phase gazeuse. En revanche, en solution aqueuse, la photolyse est optimale pour des longueurs d'ondes voisines de 240 nm.

3.2. Quelle est l'influence du solvant sur l'énergie nécessaire à la photolyse de l'acide hypochloreux ?

3.3. Donner la caractéristique de la couverture translucide qui permet de diminuer la quantité d'acide hypochloreux utilisée pour le traitement de l'eau de piscine.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE II - SÉPARATION D'ACIDES α-AMINÉS PAR ÉLECTROPHORÈSE (6 points)


Arne Tiselius

Les progrès de la chimie et de la biologie moléculaire sont étroitement liés à l'évolution des techniques de séparation des constituants d'un mélange. Le XX^{e} siècle a été une période très féconde dans le domaine du développement de ces techniques, avec notamment l'invention de méthodes de séparation basées sur la migration des constituants d'un mélange sur un support, à des vitesses différentes.

Ainsi l'électrophorèse a été développée à partir de 1931 par le chimiste suédois Arne Tiselius (Prix Nobel de chimie en 1948), dans le but de séparer les protéines du sérum sanguin.

Dans cet exercice, on s'intéresse au principe de la séparation des protéines par électrophorèse.

À propos de la technique d'électrophorèse

La technique d'électrophorèse consiste à séparer les constituants d'un mélange de protéines déposé sur un support horizontal (papier à acétate de cellulose, gel d'amidon ou d'agarose, etc) en le soumettant à un champ électrique $\vec{E}$ supposé uniforme. La séparation repose essentiellement sur les différences de charge électrique et de taille des constituants du mélange.

Les constituants sont supposés immobiles avant que la tension ne soit appliquée.

Quelques fractions de seconde après le début de l'application du champ électrique, pour chaque constituant du mélange, la force de frottement $\vec{f}$, modélisée par $\vec{f} = -k.R.\vec{v}$, compense la force électrique avec :

- k : constante positive caractéristique du constituant et du milieu où s'effectue la migration ;
- R : rayon de Stockes du constituant. Ce rayon est d'autant plus grand que le constituant est volumineux ;
- $\vec{v}$: vecteur vitesse du constituant.

1. Migration des constituants lors de l'électrophorèse

1.1. Justifier que le mouvement de migration des constituants du mélange est rectiligne uniforme.

1.2. Montrer que la vitesse de migration d'un constituant de charge q est donnée par : $v = \dfrac{|q|.E}{k.R}$.

1.3. Tous les constituants se déplacent-ils à la même vitesse ? Justifier.

On choisit une durée de 40 min pour réaliser l'électrophorèse. Pour un constituant tel que $k.R = 2{,}2\times10^{-12}$ N.s.m^{-1} et portant une charge élémentaire $q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C placée dans un champ électrique de valeur $E = 7{,}5\times10^{2}$ V.m^{-1}.

1.4. Calculer la durée nécessaire pour obtenir une migration de 10 cm. Conclure sur la durée choisie initialement.

2. Séparation d'un mélange d'acides α-aminés

On modélise un mélange, noté M, de protéines par une solution aqueuse de quatre acides α-aminés : la lysine, la glycine, l'acide aspartique et l'acide glutamique.

À partir des documents ci-après, représenter les domaines de prédominance des quatre acides α-aminés évoqués ci-dessus. À partir des réponses aux questions précédentes et des connaissances acquises, associer à chaque tache obtenue lors de l'électrophorèse du mélange M, l'acide α-aminé qui lui correspond.

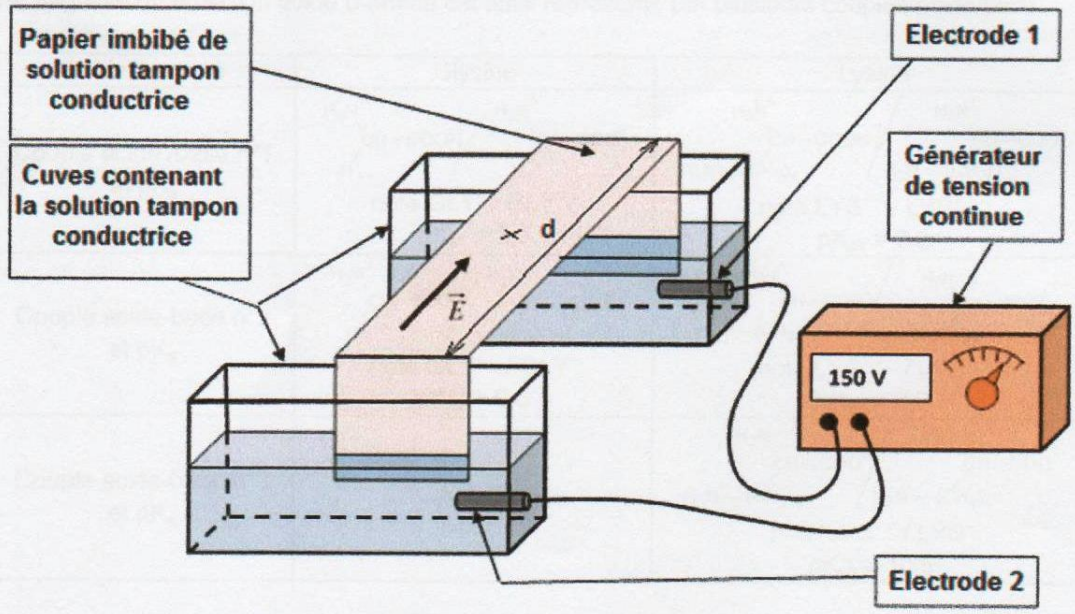
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

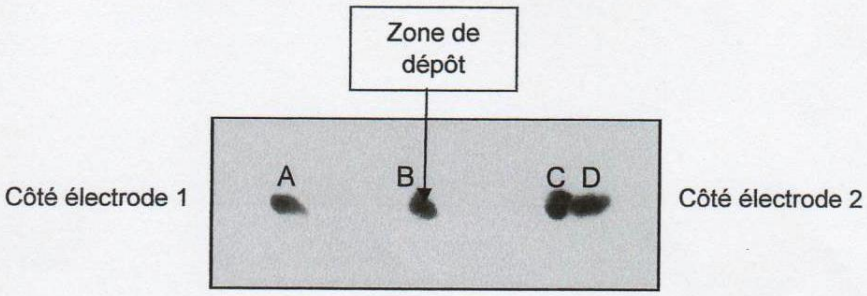
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Protocole et résultats de l'électrophorèse du mélange M d'acides α-aminés

- Le dispositif utilisé pour réaliser l'électrophorèse du mélange M est représenté ci-après.

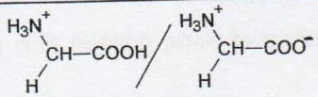
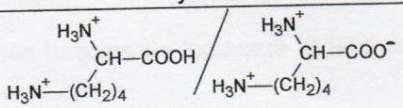
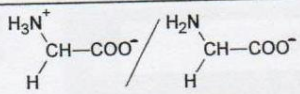
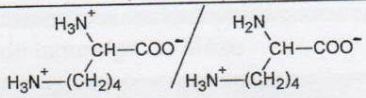
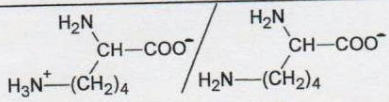


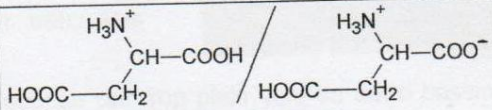
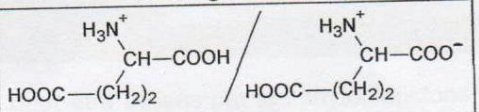
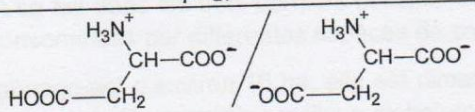
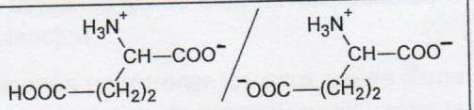
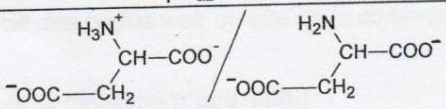
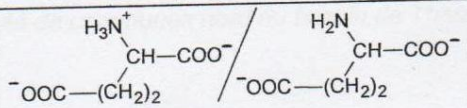
- Le support de migration est une feuille de papier de type acétate de cellulose. Celui-ci est imprégné d'une solution tampon de pH = 6,0.
- Quelques gouttes du mélange M sont déposées au centre de la feuille de papier, marqué d'une croix (voir figure ci-dessus).
- Le générateur de tension, réglé sur la tension U = 150 V est mis en fonctionnement pendant plusieurs heures. Il permet de produire le champ électrique $\vec{E}$, supposé uniforme, dont la direction et le sens sont représentés sur la figure ci-dessus.
- Le générateur est éteint puis on vaporise sur la feuille de papier, sous hotte, du réactif à la ninhydrine, lequel colore les acides α-aminés afin de rendre visible leur position sur le papier après migration.
- La feuille de papier fait apparaître alors quatre taches, notées A, B, C et D. Les taches C et D sont seulement légèrement séparées. Chaque tache correspond à un des acides α-aminés du mélange. La feuille de papier est représentée ci-dessous :



Quelques données physico-chimiques concernant les acides α-aminés étudiés

De par les propriétés acido-basiques de ses groupes fonctionnels, un acide α-aminé peut se trouver sous plusieurs formes acides ou basiques en solution aqueuse, chaque forme pouvant porter une charge totale positive, négative ou nulle. Un acide α-aminé est ainsi représenté par plusieurs couples acide/base.

Acide α-aminé	Glycine	Lysine
Couple acide /base n°1 et pK_a	 noté GLY^+ / GLY^{+-} $pK_{a1} = 2,3$	 noté LYS^{++} / LYS^{+++} $pK_{a1} = 2,2$
Couple acide-base n°2 et pK_a	 noté GLY^{+-} / GLY^- $pK_{a2} = 9,6$	 noté LYS^{+++} / LYS^{+-} $pK_{a2} = 9,0$
Couple acide-base n°3 et pK_a	Aucun	 noté LYS^{+-} / LYS^- $pK_{a3} = 10,5$

Acide α-aminé	Acide aspartique	Acide glutamique
Couple acide /base n°1 et pK_a	 noté ASP^+ / ASP^{+-} $pK_{a1} = 2,2$	 noté GLU^+ / GLU^{+-} $pK_{a1} = 2,2$
Couple acide-base n°2 et pK_a	 noté ASP^{+-} / ASP^{+--} $pK_{a2} = 3,9$	 noté GLU^{+-} / GLU^{+--} $pK_{a2} = 4,3$
Couple acide-base n°3 et pK_a	 noté ASP^{+--} / ASP^{--} $pK_{a3} = 9,8$	 noté GLU^{+--} / GLU^{--} $pK_{a3} = 10,5$

EXERCICE III - LE LAGUNAGE (5 points)

Le lagunage est une technique d'épuration naturelle des eaux usées particulièrement efficace en ce qui concerne la dégradation de la matière organique. Des villes comme Rochefort-sur-Mer (en Charente-Maritime) ou encore Mèze (dans l'Hérault) ont opté pour cette solution. Cette technique est aussi utilisée par des particuliers résidant en zone rurale pour lesquels le raccordement au tout-à-l'égout est difficile.

Dans cet exercice, on s'intéresse à la relation entre la surface des bassins de lagunage et leur capacité d'épuration.

Bac S 2015 Nouvelle Calédonie Session de remplacement mars 2016
Exercice de spécialité

Le lagunage à Mèze

Les eaux usées de la ville sont collectées par les égouts puis acheminées vers le lagunage.

La station de lagunage de Mèze est composée de plusieurs bassins qui sont chacun ensemencés de différentes bactéries.

Dans les six premiers bassins, les bactéries anaérobies vont provoquer une minéralisation qui va transformer 70 % à 80 % de la matière organique en eau, sels minéraux et gaz.

Station de lagunage de Mèze



Ces composés vont s'écouler par trop plein vers un autre bassin, pour être utilisés par les phytoplanctons dans leur processus de photosynthèse.

La finition du traitement se fait dans les trois derniers bassins. Les bactéries qui se sont développées dans les effluents vont être consommées par différentes espèces de zooplancton.

La surface totale de lagunage est d'environ 15 ha, elle est dimensionnée pour traiter les eaux usées d'une population de 15 000 personnes. On considère qu'il y a globalement une relation de proportionnalité entre la surface de lagunage et sa capacité d'épuration.

Extrait des pages web du site de la communauté de communes nord du bassin de Thau

L'indice permanganate et la capacité d'épuration

- L'indice permanganate (*IP*) est une grandeur qui permet d'estimer la concentration en matières organiques présentes dans les eaux de surface et les eaux potables. Cet indice correspond à la masse de dioxygène qu'il aurait été nécessaire d'utiliser à la place de l'ion permanganate MnO_4^- pour oxyder les matières organiques contenues dans un litre d'eau à analyser.

  L'indice permanganate s'exprime en mg de dioxygène par litre d'eau à analyser ($mg.L^{-1}$). La législation française précise que, pour une eau destinée à la consommation humaine, l'indice permanganate doit être inférieur à 5,0 $mg.L^{-1}$.

  On admet alors que si une quantité n_0 d'ions permanganate est nécessaire pour oxyder la matière organique d'un échantillon d'eau, la quantité de dioxygène correspondante est : $n(O_2) = \frac{5n_0}{4}$.

Demi-équation associée au couple $MnO_{4\,(aq)}^- / Mn^{2+}_{(aq)}$: $MnO_{4\,(aq)}^- + 5\,e^- + 8\,H^+_{(aq)} = Mn^{2+}_{(aq)} + 4\,H_2O_{(l)}$

Demi-équation associée au couple $O_{2(aq)} / H_2O_{(l)}$: $O_{2(aq)} + 4\,e^- + 4\,H^+_{(aq)} = 2\,H_2O$

- La capacité d'épuration est proportionnelle à la différence d'indices permanganate ($IP_0 - IP_s$), où IP_0 représente l'indice permanganate des eaux usées avant traitement, et IP_s l'indice permanganate en sortie de la station de traitement. La surface de lagunage S est alors donnée par l'expression suivante : $S = k\,(IP_0 - IP_S)$.

- **Protocole de détermination de l'indice permanganate**

Le protocole se déroule en 3 étapes :

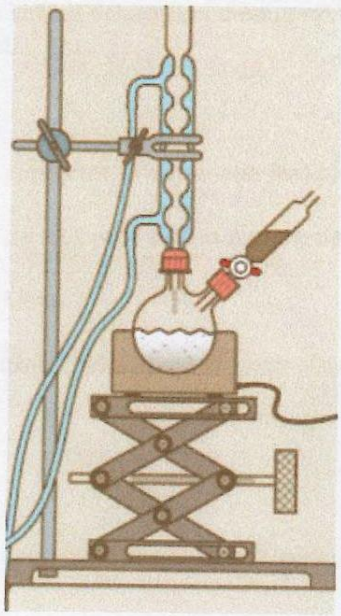
Étape 1 : la matière organique d'un échantillon d'eau à analyser est oxydée en milieu acide à chaud par une quantité connue d'ions permanganate introduits en excès.

Étape 2 : une fois toute la matière organique oxydée, on introduit dans le milieu réactionnel une quantité connue d'ions oxalate $C_2O_4^{2-}$. Les ions oxalate sont introduits, eux aussi, en excès ; leur rôle est de réagir avec les ions permanganate encore présents.

Étape 3 : pour finir, on dose les ions oxalate restants à l'aide d'une solution de permanganate de potassium.

Détail du protocole :

- Dans un ballon, introduire un volume de 50,0 mL de l'eau à analyser, 3 grains de pierre ponce et un volume de 5,0 mL d'acide sulfurique de concentration molaire 2 $mol.L^{-1}$.
- Introduire, dans l'ampoule de coulée, un volume de 20,0 mL d'une solution S_1 de permanganate de potassium ($K^+_{(aq)}, MnO^-_{4\,(aq)}$) de concentration molaire $2{,}00 \times 10^{-3}$ $mol.L^{-1}$.
- Adapter un réfrigérant à eau sur le ballon bicol. Mettre en route la circulation d'eau, puis le chauffage.
- Verser la solution de permanganate de potassium lorsque le mélange commence à bouillir.
- Maintenir une ébullition douce pendant 10 minutes.
- Enlever l'ampoule de coulée, puis ajouter, à l'aide d'une pipette, un volume de 20,0 mL d'une solution S_2 d'oxalate d'ammonium ($2\,NH^+_{4\,(aq)}, C_2O^{2-}_{4\,(aq)}$) de concentration molaire $5{,}00 \times 10^{-3}$ $mol.L^{-1}$.



- Arrêter la circulation d'eau, laisser refroidir à l'air et verser le contenu du ballon dans un erlenmeyer. Introduire un barreau aimanté dans l'erlenmeyer.
- Remplir la burette graduée avec la solution titrante S_1.
- Placer l'erlenmeyer sur l'agitateur magnétique puis verser lentement la solution titrante S_1 dans le mélange. Cesser l'ajout lorsque la teinte rosée persiste pendant plus de 30 secondes. Noter alors le volume V_E de solution S_1 versé à l'équivalence.

Au cours de ce dosage, on montre que si l'on note n_1 la quantité d'ions permanganate introduite dans le ballon via l'ampoule de coulée, n_0 la quantité d'ions permanganate ayant réagi avec les matières organiques, n_2 la quantité d'ions oxalate introduite dans le ballon et n_E la quantité d'ions permanganate versée pour $V = V_E$ alors $n_0 = n_1 - \frac{2}{5}n_2 + n_E$.

Questions préliminaires

1. Justifier que l'ion permanganate MnO_4^- et le dioxygène O_2 sont les oxydants dans les deux couples présentés.

2. Justifier que si une quantité n_0 d'ions permanganate est nécessaire pour oxyder la matière organique d'un échantillon d'eau, alors la quantité de dioxygène nécessaire pour oxyder la même quantité de matière organique est : $n(O_2) = \frac{5n_0}{4}$.

Un couple de résidents d'une petite commune du centre de la France a opté pour le lagunage afin d'effectuer l'épuration des eaux usées de son habitation. La surface totale des bassins de leur mini-station est de 15 m^2. L'indice permanganate des eaux usées avant traitement par la mini-station de ce foyer de deux personnes vaut $IP_0 = 11$ $mg.L^{-1}$.

Une détermination de l'indice permanganate de l'eau rejetée dans la nature après passage par leur mini-station est réalisée afin de savoir si cette eau respecte la législation française sur le plan de la pollution organique.

La mise en œuvre du protocole de détermination de l'indice permanganate sur un échantillon d'eau prélevé à la sortie du lagunage permet de mesurer un volume équivalent $V_E = 3{,}9$ mL.

Problème

Déterminer si la mini-station utilisée par le couple de résidents permet de respecter la législation française relative à l'eau destinée à la consommation humaine.
Dans le cas contraire, calculer la surface minimale nécessaire des bassins de leur mini-station à partir de la capacité d'épuration.
Le résultat obtenu est-il cohérent avec la surface de lagunage du bassin de Mèze ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Données :

- masse molaire atomique : $M(O) = 16{,}0$ $g.mol^{-1}$;
- 1 ha = 10 000 m^2.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer