

L'aquarium récifal

Depuis décembre 2019, le Parc Zoologique de Paris accueille un requin bambou. Il vit dans un aquarium qui cherche à reproduire l'environnement naturel de cette espèce.

Cet aquarium, dit récifal, est un bac marin destiné à héberger un écosystème très riche : coraux, crustacés et nombreux poissons tous originaires des eaux peu profondes des côtes de Madagascar. Cet écosystème est complexe et fragile. Plusieurs paramètres sont à contrôler pour maintenir l'équilibre du milieu et assurer le bien-être des différentes espèces vivantes qui y cohabitent.

Le but de cet exercice est d'étudier l'influence de certains de ces paramètres, pH et salinité, ainsi que des méthodes de traitement de l'eau.

Données

couples acide/base associés au dioxyde de carbone dissous ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$)_{aq} à 25 °C :

$$\text{pK}_{a1} = (\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})_{\text{aq}} / \text{HCO}_3^-_{\text{aq}} = 6,4 \quad \text{pK}_{a2} (\text{HCO}_3^-_{\text{aq}} / \text{CO}_3^{2-}_{\text{aq}}) = 10,3$$

masse molaire atomique de l'ion chlorure : $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

conductivités molaires ioniques :

ion	Ag^+	NO_3^-	Na^+	Cl^-
λ (mS.m ² .mol. ⁻¹)	6,19	7,14	5,01	7,63

numéros atomiques et électronégativités :

	hydrogène	carbone	oxygène
Z (numéro atomique)	1	6	8
χ (électronégativité)	2,20	2,55	3,44

1 Régulation de l'acidité

Dans un aquarium, le pH de l'eau est une grandeur à surveiller. Sa valeur doit rester proche d'une valeur optimale qui dépend des espèces vivantes présentes. Pour l'aquarium récifal, le pH optimal vaut 8,1. En journée, la photosynthèse végétale augmente naturellement le pH, qui diminue ensuite pendant la nuit. Les différentes espèces vivantes de l'aquarium peuvent s'acclimater à des variations de la valeur du pH si elles restent faibles.

1.1 Indiquer ce qui peut être mis en œuvre si la valeur du pH devient trop élevée dans l'aquarium.

On peut considérer que l'eau de l'aquarium se comporte comme une solution tampon.

1.2 Citer les propriétés d'une solution tampon. Justifier l'utilisation d'une telle solution dans l'aquarium récifal.

Un diffuseur permet de réguler précisément la valeur du pH de l'aquarium en injectant au besoin du dioxyde de carbone à l'état gazeux dans l'aquarium.

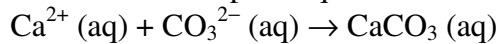
Le dioxyde de carbone, $\text{CO}_2(\text{g})$, se dissout faiblement dans l'eau de l'aquarium. Il devient du dioxyde de carbone dissous qui peut se dissocier partiellement en ions hydrogénocarbonate et en ions carbonate.

Le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone et celui de la molécule d'eau sont donnés ci-dessous.

molécule	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{O} \\ / \quad \diagdown \end{array}$
structure spatiale	linéaire	coudée

- 1.3 En s'appuyant notamment sur les électronégativités des atomes, justifier la faible solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau.
- 1.4 Indiquer, parmi les espèces acido-basiques associées au dioxyde de carbone dissous, celles qui sont des acides de Brønsted et celles qui sont des bases de Brønsted.
- 1.5 En précisant la démarche suivie, indiquer, parmi les espèces acido-basiques associées au dioxyde de carbone dissous, celle(s) qui prédomine(nt) dans l'aquarium récifal.

Le squelette et la coquille des coraux sont constitués de calcaire, c'est-à-dire de carbonate de calcium (s), qui se forme suivant une transformation modélisée par l'équation de réaction suivante :



- 1.6 Expliquer pourquoi l'utilisation d'un diffuseur de CO₂ dans l'aquarium peut freiner la formation du squelette et de la coquille des coraux.

2 Contrôle de la salinité

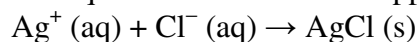
Dans un aquarium, on trouve notamment des ions chlorure Cl⁻ (aq) ainsi que des cations comme les ions sodium Na⁺(aq).

La salinité de l'eau d'un aquarium est assimilée à la concentration en masse en ion chlorure Cl⁻ (aq).

Celle de l'aquarium récifal doit être comprise entre 19,3 et 19,6 g.L⁻¹.

Pour contrôler la salinité de l'eau de l'aquarium étudié, on se propose de réaliser le titrage des ions chlorure. Pour cela, on prélève de l'eau de l'aquarium que l'on dilue d'un facteur 10, puis on titre 10,0 mL de cette solution à laquelle on a ajouté 200 mL d'eau distillée, par une solution de nitrate d'argent (Ag⁺(aq) ; NO₃⁻ (aq)) de concentration égale à 5,0010⁻² mol.L⁻¹.

Le titrage est suivi par conductimétrie. L'équation de la réaction support du titrage est :



On obtient la courbe de suivi du titrage de la figure n°1 :

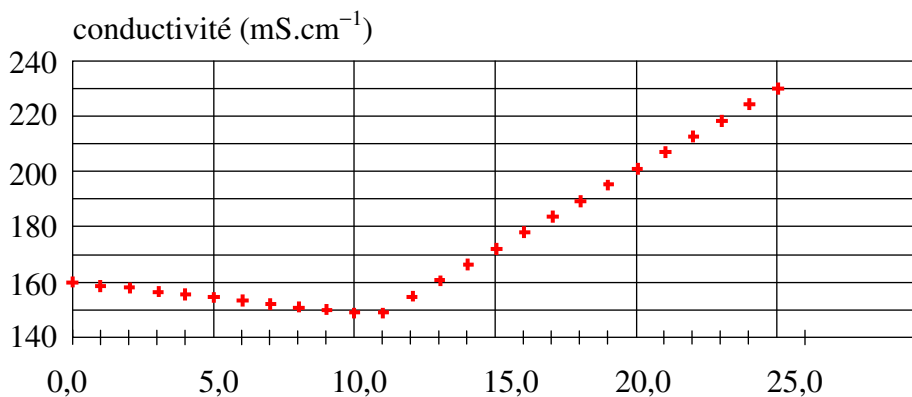


figure n°1

conductivité de la solution en fonction du volume de solution de nitrate d'argent versé

volume versé en mL

- 2.1 Justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe lors du titrage.
- 2.2 Indiquer si un traitement de l'eau est nécessaire à l'issue du contrôle de la salinité.

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

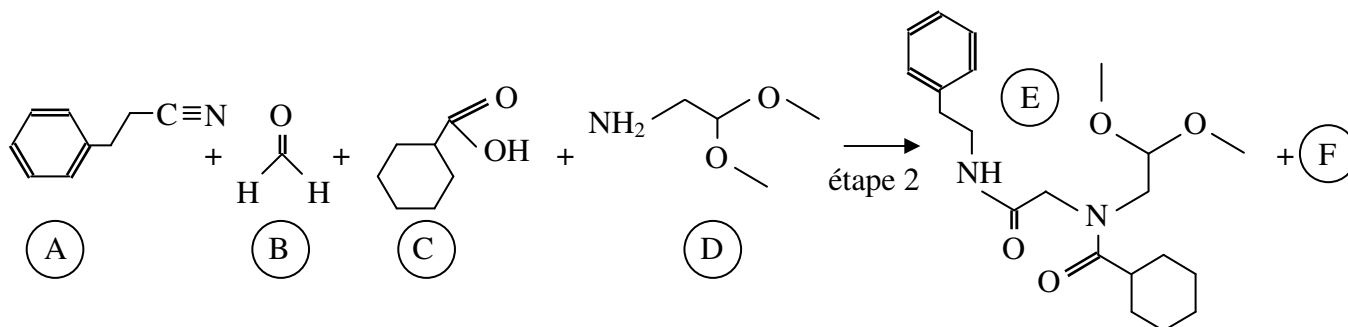
3 Traitement des poissons contre les vers

L'aquarium récifal peut être infesté par différents types de vers qui parasitent les intestins, les branchies ou la peau des poissons. Pour assurer une élimination chimique de ces vers, les poissons doivent être momentanément placés dans un bassin de quarantaine dans lequel est ajouté un vermifuge.

Le praziquantel est une espèce chimique qui entre dans la composition d'un vermifuge utilisé en aquariophilie, vendu en animalerie en solution liquide, de concentration en masse de $10,0 \text{ g.L}^{-1}$.

En 2010, un procédé de synthèse du praziquantel impliquant trois étapes a été proposé, ce qui le rend plus éco-responsable et moins onéreux. L'étape 1 conduisant à l'obtention de la molécule A n'est pas présentée ici.

L'étape 2, représentée ci-dessous, permet de transformer les réactifs A ($\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$), B (CH_2O), C et D ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$) en produit E ($\text{C}_{21}\text{H}_{32}\text{O}_4\text{N}_2$) et en produit F.



- 3.1 Quel est le nom de molécule B (règles de nomenclature à la fin) ?
- 3.2 Donner la formule semi-développée, puis brute du réactif C.
- 3.3 Déterminer le produit F formé à l'issue de l'étape 2 en s'appuyant sur les formules brutes des espèces chimiques mises en jeu.

La synthèse de 40,9 g de la molécule E nécessite 0,110 mol. de chacun des réactifs A, B, C et D. La masse molaire moléculaire de E est $M(E) = 376,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

- 3.4 Déterminer le rendement de l'étape 2.
- 3.5 L'étape 3 permettant de synthétiser le praziquantel nécessite l'utilisation de l'acide méthylsulfonique, noté AMS. Cette étape comporte quatre opérations décrites ci-dessous.
 - a) 30,0 g de E sont ajoutés à 104,0 mL d'AMS puis l'ensemble est chauffé pendant 6 heures à 70°C . La solution obtenue est versée dans de l'eau glacée ajustée à un pH égal à 8 avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
 - b) la solution est extraite quatre fois avec de l'éther diéthylique.
 - c) la phase organique est lavée par 100 mL d'une solution aqueuse salée saturée. La phase organique est ensuite séchée. Après évaporation de l'éther diéthylique, on obtient un solide jaune.
 - d) ce résidu est recristallisé dans un mélange équimolaire d'acétate d'éthyle et d'hexane. On obtient un solide blanc.

Associer à chacune des opérations a) et c) du protocole un ou plusieurs des mots suivants : dissolution – séparation – purification – transformation chimique

- 3.6 Nommer une méthode d'identification possible pour le solide obtenu.

Prévention des infections

Un aquariophile traite de manière préventive son aquarium contre les infections. Pour cela, il utilise une solution aqueuse antiseptique de bleu de méthylène. Le bleu de méthylène ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$) est un colorant faiblement biodégradable, de couleur bleue foncée. L'excès de bleu de méthylène est éliminé par des « filtres » à charbon actif.

Le charbon actif est une poudre noire dont les pores, observables au microscope électronique, permettent notamment de fixer et retenir des molécules organiques. C'est le phénomène d'adsorption.

La capacité d'adsorption du charbon actif peut être évaluée à l'aide d'un dosage par étalonnage en suivant le protocole expérimental suivant :

- tracer la courbe d'étalonnage de l'absorbance, à $\lambda = 650$ nm, pour des solutions étalon de bleu de méthylène
- mesurer l'absorbance d'un échantillon d'eau polluée en bleu de méthylène
- prélever un volume V de 50,0 mL d'eau polluée et y ajouter 100,0 mg de charbon actif
- agiter le mélange puis filtrer
- mesurer l'absorbance de la solution filtrée après traitement au charbon actif

4.1 Justifier l'intérêt de l'étape de filtration.

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

On applique le protocole précédent et on obtient les résultats suivants :

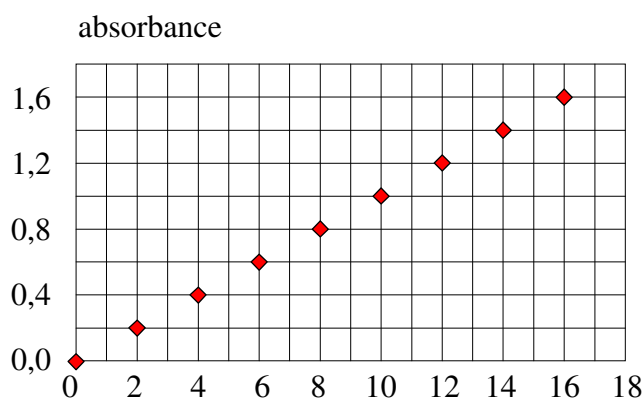


figure n°3

absorbance en fonction de la concentration en bleu de méthylène, à $\lambda = 650$ nm

concentration en bleu de méthylène en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Les valeurs d'absorbance obtenues avant et après traitement de l'eau de l'aquarium pour éliminer l'excès de bleu de méthylène sont $A_{\text{polluée}} = 1,5$ et $A_{\text{traitée}} = 0,2$.

4.2 Montrer que la masse m_a de colorant adsorbée par gramme de charbon actif est voisine de 7 mg.

4.3 Sachant qu'un traitement préventif de l'aquarium, de volume $V = 8\,000$ L, nécessite 1 à 2 mg de bleu de méthylène par litre d'eau, calculer la masse de charbon actif nécessaire afin de réaliser le traitement pour cet aquarium récifal. Commenter.

Règles de nomenclature

Pour nommer les alcanes à squelette carboné ramifié, on utilise les règles de l'UICPA :

- a) chercher la chaîne carbonée la plus longue et le nom de l'alcanes à squelette carboné linéaire comportant le même nombre de carbone. L'alcanes (terminaison « ane ») ramifié est considéré comme un dérivé de cet alcanes à squelette carboné linéaire
- b) identifier les groupements substituants sur la chaîne carbonée la plus longue et leur place par un indice de position. On numérote à partir d'un des deux bouts de cette chaîne
- c) déterminer le sens de numérotation. On écrit tous les chiffres obtenus par ordre croissant. Le sens à retenir est celui correspondant au nombre le plus petit
- d) s'il existe plusieurs groupements substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri, tétra ...
- e) les groupements substituants (terminaison « yle ») s'écrivent avant le nom de l'alcanes. Ils sont placés par ordre alphabétique. On supprime le « e » de la terminaison.
- f) les indices de position sont placés immédiatement avant la partie du nom à laquelle ils se réfèrent. Ils sont reliés par des tirets placés de part et d'autre mais séparés entre eux par des virgules lorsqu'ils sont devant un terme multiplicatif.

Pour nommer les molécules organiques qui possèdent un groupe caractéristique, on utilise les règles de l'UICPA :

- a) rechercher la chaîne carbonée la plus longue contenant le groupe fonctionnel
- b) appliquer les règles de nomenclature des alcanes en donnant au carbone du groupe fonctionnel l'indice de position le plus petit
- c) le composé est nommé grâce au nom de cet alcanes (en élisant le « e ») suivi d'une terminaison :

- terminaison ol	caractéristique de la famille des	alcools
- terminaison al	caractéristique de la famille des	aldéhydes
- terminaison one	caractéristique de la famille des	cétones
- terminaison oïque	caractéristique de la famille des	acides carboxyliques
- terminaison oate	caractéristique de la famille des	esters
- terminaison amine	caractéristique de la famille des	amines
- terminaison amide	caractéristique de la famille des	amides
- d) quand cela est nécessaire la place du groupe fonctionnel est indiquée par un indice de position qui est placé avant la terminaison
- e) le préfixe acide précède le nom de l'acide carboxylique
- f) un ester a deux squelettes carbonés qui doivent être nommés séparément :
 - en 1ère position le squelette carboné provenant de l'acide carboxylique (terminaison « oate »)
 - en 2ème position le squelette numéroté à partir de l'atome de carbone lié à l'atome d'oxygène (terminaison « yle »)

Corrigé

L'aquarium récifal

Depuis décembre 2019, le Parc Zoologique de Paris accueille un requin bambou. Il vit dans un aquarium qui cherche à reproduire l'environnement naturel de cette espèce.

Cet aquarium, dit récifal, est un bac marin destiné à héberger un écosystème très riche : coraux, crustacés et nombreux poissons tous originaires des eaux peu profondes des côtes de Madagascar. Cet écosystème est complexe et fragile. Plusieurs paramètres sont à contrôler pour maintenir l'équilibre du milieu et assurer le bien-être des différentes espèces vivantes qui y cohabitent.

Le but de cet exercice est d'étudier l'influence de certains de ces paramètres, pH et salinité, ainsi que des méthodes de traitement de l'eau.

Données

couples acide/base associés au dioxyde de carbone dissous ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$)_{aq} à 25 °C :

$$\text{pK}_{a1} = (\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})_{\text{aq}} / \text{HCO}_3^-_{\text{aq}} = 6,4 \quad \text{pK}_{a2} (\text{HCO}_3^-_{\text{aq}} / \text{CO}_3^{2-}_{\text{aq}}) = 10,3$$

masse molaire atomique de l'ion chlorure : $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

conductivités molaires ioniques :

ion	Ag^+	NO_3^-	Na^+	Cl^-
λ (mS.m ² .mol. ⁻¹)	6,19	7,14	5,01	7,63

numéros atomiques et électronégativités :

	hydrogène	carbone	oxygène
Z (numéro atomique)	1	6	8
χ (électronégativité)	2,20	2,55	3,44

1 Régulation de l'acidité

Dans un aquarium, le pH de l'eau est une grandeur à surveiller. Sa valeur doit rester proche d'une valeur optimale qui dépend des espèces vivantes présentes. Pour l'aquarium récifal, le pH optimal vaut 8,1. En journée, la photosynthèse végétale augmente naturellement le pH, qui diminue ensuite pendant la nuit. Les différentes espèces vivantes de l'aquarium peuvent s'acclimater à des variations de la valeur du pH si elles restent faibles.

1.1 Indiquer ce qui peut être mis en œuvre si la valeur du pH devient trop élevée dans l'aquarium.

ajouter un acide (ou ajouter une solution tampon ou diluer l'eau de l'aquarium)

On peut considérer que l'eau de l'aquarium se comporte comme une solution tampon.

1.2 Citer les propriétés d'une solution tampon. Justifier l'utilisation d'une telle solution dans l'aquarium récifal.

une solution tampon est une solution qui maintient approximativement le pH malgré l'addition de petites quantités d'un acide ou d'une base, ou malgré une dilution
l'utilisation d'une solution tampon va maintenir l'aquarium récifal à un pH choisi

Un diffuseur permet de réguler précisément la valeur du pH de l'aquarium en injectant au besoin du dioxyde de carbone à l'état gazeux dans l'aquarium.

Le dioxyde de carbone, $\text{CO}_2(\text{g})$, se dissout faiblement dans l'eau de l'aquarium. Il devient du dioxyde de carbone dissous qui peut se dissocier partiellement en ions hydrogénocarbonate et en ions carbonate.

Le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone et celui de la molécule d'eau sont donnés ci-dessous.

molécule	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{O} \\ / \quad \diagdown \end{array}$
structure spatiale	linéaire	coudée

- 1.3 En s'appuyant notamment sur les électronégativités des atomes, justifier la faible solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau.

les valeurs d'électronégativité montrent que la liaison CO est polarisée. Cependant la molécule CO₂ étant linéaire et symétrique elle est apolaire

les valeurs d'électronégativité montrent que la liaison OH est polarisée. La molécule d'eau étant coudée, elle est polaire.

une molécule apolaire se dissout difficilement dans un solvant polaire, la dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau sera donc faible

- 1.4 Indiquer, parmi les espèces acido-basiques associées au dioxyde de carbone dissous, celles qui sont des acides de Brönsted et celles qui sont des bases de Brönsted.

couples acide / base faibles : CO₂, H₂O / HCO₃⁻ HCO₃⁻ / CO₃²⁻
 acides de Brönsted : CO₂, H₂O HCO₃⁻
 bases de Brönsted : HCO₃⁻ CO₃²⁻

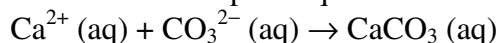
- 1.5 En précisant la démarche suivie, indiquer, parmi les espèces acido-basiques associées au dioxyde de carbone dissous, celle(s) qui prédomine(nt) dans l'aquarium récifal.

diagramme de prédominance :



à pH = 8,1 l'espèce HCO₃⁻ prédomine

Le squelette et la coquille des coraux sont constitués de calcaire, c'est-à-dire de carbonate de calcium (s), qui se forme suivant une transformation modélisée par l'équation de réaction suivante :



- 1.6 Expliquer pourquoi l'utilisation d'un diffuseur de CO₂ dans l'aquarium peut freiner la formation du squelette et de la coquille des coraux.

pas de réponse possible car :

$$K_{a1} * K_{a2} = \frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{éq}} * [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2 * [\text{CO}_3^{2-}]_{\text{éq}}}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{éq}} * [\text{HCO}_3^-]_{\text{éq}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2 * [\text{CO}_3^{2-}]_{\text{éq}}}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{éq}}}$$

et donc l'ajout de CO₂ devrait conduire à la formation de CO₃²⁻

il manque des données sur un autre équilibre possible : CO₂, H₂O + CO₃²⁻ = 2 HCO₃⁻

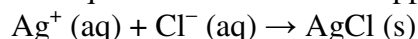
2 Contrôle de la salinité

Dans un aquarium, on trouve notamment des ions chlorure Cl^- (aq) ainsi que des cations comme les ions sodium Na^+ (aq).

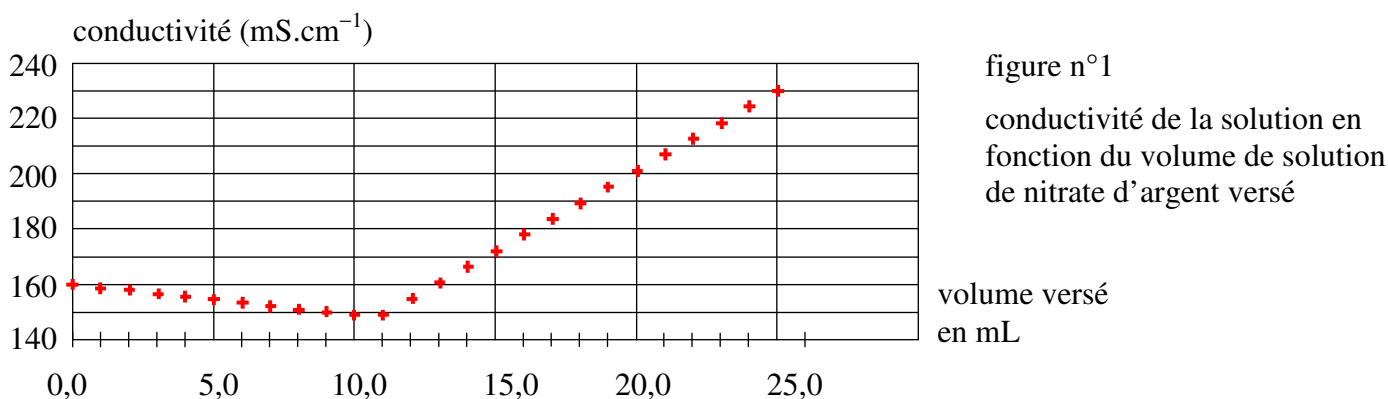
La salinité de l'eau d'un aquarium est assimilée à la concentration en masse en ion chlorure Cl^- (aq). Celle de l'aquarium récifal doit être comprise entre 19,3 et 19,6 g.L^{-1} .

Pour contrôler la salinité de l'eau de l'aquarium étudié, on se propose de réaliser le titrage des ions chlorure. Pour cela, on prélève de l'eau de l'aquarium que l'on dilue d'un facteur 10, puis on titre 10,0 mL de cette solution à laquelle on a ajouté 200 mL d'eau distillée, par une solution de nitrate d'argent (Ag^+ (aq) ; NO_3^- (aq)) de concentration égale à $5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le titrage est suivi par conductimétrie. L'équation de la réaction support du titrage est :



On obtient la courbe de suivi du titrage de la figure n°1 :



2.1 Justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe lors du titrage.

avant équivalence : $[\text{Cl}^-] \searrow$ et $[\text{NO}_3^-] \nearrow \rightarrow \lambda (\text{Cl}^-) < \lambda (\text{NO}_3^-) \rightarrow \sigma$ diminue légèrement

après équivalence : $[\text{Cl}^-]$ et $[\text{Ag}^+] \nearrow \rightarrow \sigma$ augment fortement

2.2 Indiquer si un traitement de l'eau est nécessaire à l'issue du contrôle de la salinité.

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

graphiquement : $V_{\text{éq}} = 10,5 \text{ mL}$

à l'équivalence : $n_i (\text{Cl}^-) = [\text{Ag}^+] * V_{\text{éq}} = 5,00 \cdot 10^{-2} * 10,5 \cdot 10^{-3} = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$

$[\text{Cl}^-] = n_i (\text{Cl}^-) / V (\text{Cl}^-) = 5,25 \cdot 10^{-4} / 10 \cdot 10^{-3} = 5,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

dilution de l'eau de l'aquarium d'un facteur 10 : $[\text{Cl}^-]_{\text{aquarium}} = 10 * [\text{Cl}^-] = 0,525 \text{ mol.L}^{-1}$

$c_m (\text{Cl}^-) = [\text{Cl}^-]_{\text{aquarium}} * M (\text{Cl}^-) = 0,525 * 35,5 = 18,6 \text{ g.L}^{-1}$

$c_m (\text{Cl}^-) < 19,3 \text{ g.L}^{-1}$

un traitement de l'eau est nécessaire

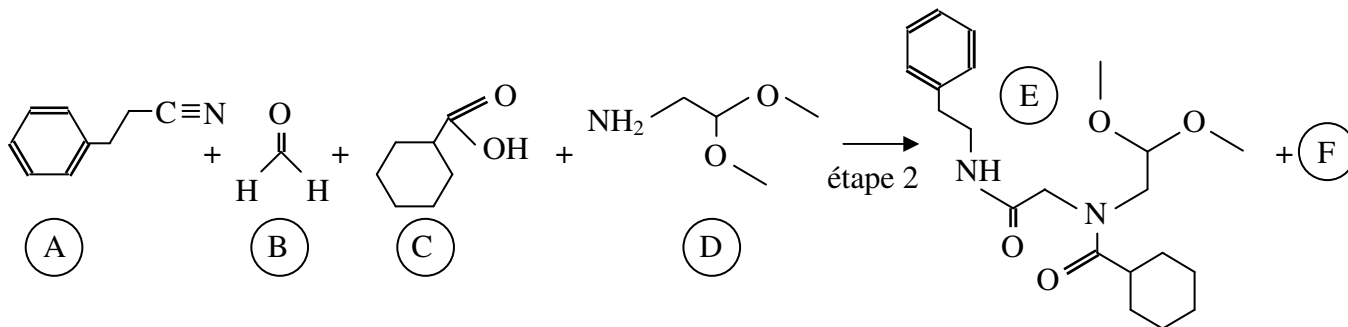
3 Traitement des poissons contre les vers

L'aquarium récifal peut être infesté par différents types de vers qui parasitent les intestins, les branchies ou la peau des poissons. Pour assurer une élimination chimique de ces vers, les poissons doivent être momentanément placés dans un bassin de quarantaine dans lequel est ajouté un vermifuge.

Le praziquantel est une espèce chimique qui entre dans la composition d'un vermifuge utilisé en aquariophilie, vendu en animalerie en solution liquide, de concentration en masse de $10,0 \text{ g.L}^{-1}$.

En 2010, un procédé de synthèse du praziquantel impliquant trois étapes a été proposé, ce qui le rend plus éco-responsable et moins onéreux. L'étape 1 conduisant à l'obtention de la molécule A n'est pas présentée ici.

L'étape 2, représentée ci-dessous, permet de transformer les réactifs A (C₉H₉N), B (CH₂O), C et D (C₄H₁₁O₂N) en produit E (C₂₁H₃₂O₄N₂) et en produit F.



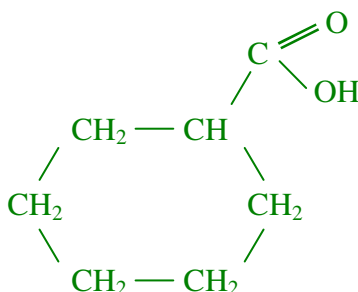
3.1 Quel est le nom de molécule B (règles de nomenclature à la fin) ?

méthanal

3.2 Donner la formule semi-développée, puis brute du réactif C.

formule brute : C₇H₁₂O₂

formule semi-développée :



3.3 Déterminer le produit F formé à l'issue de l'étape 2 en s'appuyant sur les formules brutes des espèces chimiques mises en jeu.



$$x = 9 + 1 + 7 + 4 - 21 = 0$$

$$y = 9 + 2 + 12 + 11 - 32 = 2$$

$$z = 1 + 2 + 2 - 4 = 1$$

$$w = 1 + 1 - 2 = 0$$

F : H₂O

La synthèse de 40,9 g de la molécule E nécessite 0,110 mol. de chacun des réactifs A, B, C et D. La masse molaire moléculaire de E est M (E) = 376,5 g.mol⁻¹.

3.4 Déterminer le rendement de l'étape 2.

les réactifs sont dans des proportions stœchiométriques (c'est à dire des quantités proportionnelles aux coefficients stœchiométriques de l'équation de réaction : 1 ; 1 ; 1 ; 1)

$$x_{\text{max}} = 0,110 \text{ mol.}$$

$$n_{\text{max}} (\text{E}) = x_{\text{max}} = 0,110 \text{ mol.}$$

$$m_{\text{max}} (\text{E}) = n_{\text{max}} (\text{E}) * M (\text{E}) = 0,110 * 376,5 = 41,4 \text{ g}$$

$$\eta = \frac{m_{\text{expérimentale}}(E)}{m_{\text{max}}(E)} = 40,9 / 41,4 = 0,988$$

3.5 L'étape 3 permettant de synthétiser le praziquantel nécessite l'utilisation de l'acide méthylsulfonique, noté AMS. Cette étape comporte quatre opérations décrites ci-dessous.

- 30,0 g de E sont ajoutés à 104,0 mL d'AMS puis l'ensemble est chauffé pendant 6 heures à 70°C. La solution obtenue est versée dans de l'eau glacée ajustée à un pH égal à 8 avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
- la solution est extraite quatre fois avec de l'éther diéthylique.
- la phase organique est lavée par 100 mL d'une solution aqueuse salée saturée. La phase organique est ensuite séchée. Après évaporation de l'éther diéthylique, on obtient un solide jaune.
- ce résidu est recristallisé dans un mélange équimolaire d'acétate d'éthyle et d'hexane. On obtient un solide blanc.

Associer à chacune des opérations a) et c) du protocole un ou plusieurs des mots suivants : dissolution – séparation – purification – transformation chimique

- transformation chimique
- séparation

3.6 Nommer une méthode d'identification possible pour le solide obtenu.

CCM : chromatographie sur couche mince (ou mesure de la θ_{fusion} ou spectre UV-visible ou spectre IR ou test caractéristique)

Prévention des infections

Un aquariophile traite de manière préventive son aquarium contre les infections. Pour cela, il utilise une solution aqueuse antiseptique de bleu de méthylène. Le bleu de méthylène ($C_{16}H_{18}ClN_3S$) est un colorant faiblement biodégradable, de couleur bleue foncée. L'excès de bleu de méthylène est éliminé par des « filtres » à charbon actif.

Le charbon actif est une poudre noire dont les pores, observables au microscope électronique, permettent notamment de fixer et retenir des molécules organiques. C'est le phénomène d'adsorption.

La capacité d'adsorption du charbon actif peut être évaluée à l'aide d'un dosage par étalonnage en suivant le protocole expérimental suivant :

- tracer la courbe d'étalonnage de l'absorbance, à $\lambda = 650$ nm, pour des solutions étalon de bleu de méthylène
- mesurer l'absorbance d'un échantillon d'eau polluée en bleu de méthylène
- prélever un volume V de 50,0 mL d'eau polluée et y ajouter 100,0 mg de charbon actif
- agiter le mélange puis filtrer
- mesurer l'absorbance de la solution filtrée après traitement au charbon actif

4.1 Justifier l'intérêt de l'étape de filtration.

la filtration permet de retirer de la solution le charbon en suspension pour pouvoir obtenir une solution limpide et ainsi mesurer l'absorbance de la solution.

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

On applique le protocole précédent et on obtient les résultats suivants :

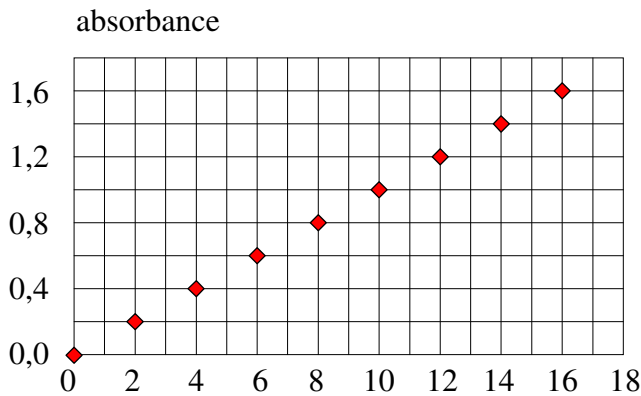


figure n°3

absorbance en fonction de la concentration en bleu de méthylène, à $\lambda = 650 \text{ nm}$

concentration en bleu de méthylène en mg.L^{-1}

Les valeurs d'absorbance obtenues avant et après traitement de l'eau de l'aquarium pour éliminer l'excès de bleu de méthylène sont $A_{\text{polluée}} = 1,5$ et $A_{\text{traitée}} = 0,2$.

4.2 Montrer que la masse m_a de colorant adsorbée par gramme de charbon actif est voisine de 7 mg.

graphiquement :

$$c_m (\text{polluée}) = 15 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$c_m (\text{traitée}) = 2 \text{ mg.L}^{-1}$$

100 mg de charbon permettent d'adsorber :

$$15 - 2 = 13 \text{ mg de colorant dans 1 L}$$

$$13 * 50.10^{-3} = 6,5.10^{-1} \text{ mg de colorant}$$

1 g de charbon actif permet d'adsorber :

$$6,5 \text{ mg de colorant}$$

4.3 Sachant qu'un traitement préventif de l'aquarium, de volume $V = 8\,000 \text{ L}$, nécessite 1 à 2 mg de bleu de méthylène par litre d'eau, calculer la masse de charbon actif nécessaire afin de réaliser le traitement pour cet aquarium récifal. Commenter.

masse de colorant à adsorber dans la piscine :

$$2 \text{ mg de bleu de méthylène} \rightarrow 1 \text{ L}$$

$$16 \text{ g de bleu de méthylène} \rightarrow 8000 \text{ L}$$

masse de charbon actif nécessaire :

$$6,5 \text{ mg} \rightarrow 1 \text{ g de charbon actif}$$

$$16\,000 \text{ mg} \rightarrow 2400 \text{ g de charbon actif (2,4 kg)}$$

possible à réaliser avec un filtre