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 :
formav.co/explorer

LICENCE

SCIENCES DE LA VIE

ÉPREUVE C6 : RÉSOUDRE UN PROBLÈME EN SCIENCES DE LA VIE

SESSION 2026

Durée : 2 h 30

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SCIENCES DE LA VIE	3

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

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

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : UNITÉ PILOTE DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EAUX DE VALMONT, LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE MICROBIENNE

L'unité pilote étudie la capacité d'une culture de microalgues, identifiée comme *Chlorella vulgaris*, à réduire la concentration en orthophosphates d'une eau de procédé avant son rejet dans une filière de traitement complémentaire. Le travail porte sur un essai réalisé dans un réacteur éclairé de laboratoire. Les données expérimentales, les caractéristiques du réacteur et les consignes de travail sont fournies dans les documents techniques DT 1 à DT 3.

Le cahier des charges de l'essai impose de déterminer si la culture réduit la concentration en phosphore dissous, d'estimer les performances observées sur 48 h et de proposer un protocole permettant de vérifier que la diminution mesurée est liée à l'activité biologique plutôt qu'à une autre cause. La valeur cible de l'essai est une concentration finale inférieure ou égale à 2,0 $mg \cdot L^{-1}$ de phosphore exprimé en P. Cette valeur est un objectif expérimental du dossier, et non une valeur réglementaire de rejet.

Les résultats et calculs seront présentés avec les unités. Les calculs intermédiaires utiles doivent apparaître. Toute conclusion devra être argumentée à partir des données fournies.

PARTIE 1 : Analyse de la problématique et démarche expérimentale (5 points)

Formulation du problème biologique et identification des variables

Vous disposez du contexte de l'essai et des informations de DT 1 et DT 3. La culture est exposée à une eau de procédé contenant initialement 8,00 $mg \cdot L^{-1}$ de phosphore sous forme d'orthophosphate. Le suivi est réalisé à 0 h, 24 h et 48 h. Les réacteurs éclairés sont inoculés avec la microalgue. Des réacteurs témoins, décrits dans DT 3, sont nécessaires pour interpréter l'évolution observée.

1.1 (1,5 point) Formulez la problématique biologique étudiée et énoncez une hypothèse testable concernant l'effet de la culture de *Chlorella vulgaris* sur la concentration en orthophosphate après 48 h.

1.2 (1,5 point) Identifiez la variable indépendante, la variable dépendante et deux paramètres qui doivent être maintenus constants entre les réacteurs comparés. Précisez pour chacun des paramètres constants en quoi sa maîtrise est nécessaire à l'interprétation de l'essai.

1.3 (2 points) À partir de DT 3, proposez les lots expérimentaux et les mesures nécessaires pour distinguer l'effet de la présence des microalgues de l'effet de la photodégradation, de l'adsorption sur les parois ou d'une variation spontanée de l'eau. Indiquez le nombre de réplicats biologiques retenu dans le protocole proposé et justifiez ce choix.

PARTIE 2 : Exploitation des mesures et calcul des performances (5 points)

Étalonnage, concentration, rendement d'élimination et vitesse moyenne

La méthode colorimétrique et les données d'absorbance sont présentées dans DT 2. La droite d'étalonnage relie l'absorbance mesurée à la concentration de phosphore de la solution analysée. Les échantillons du milieu de culture ont été dilués deux fois avant lecture. Le facteur de dilution est donc égal à 2.

Données d'absorbance des échantillons à 48 h

Réplicat	Absorbance à 48 h	Facteur de dilution
R1	0,245	2
R2	0,270	2
R3	0,258	2

Mesures expérimentales fournies dans DT 2. Les échantillons ont été dilués deux fois avant lecture.

2.1 (2 points) À l'aide de l'équation d'étalonnage de DT 2, calculez la concentration moyenne en phosphore des trois échantillons à 48 h, avant dilution. Présentez les concentrations de R1, R2 et R3, puis leur moyenne, en mg·L⁻¹. Utilisez la relation fournie dans DT 2 et tenez compte du facteur de dilution.

2.2 (1,5 point) En prenant comme concentration initiale 8,00 mg·L⁻¹ et comme concentration finale la moyenne obtenue à la question 2.1, calculez le pourcentage d'élimination du phosphore en 48 h. La relation à utiliser est $\eta = \frac{C_0 - C_{48}}{C_0} \times 100$.

2.3 (1,5 point) Calculez la vitesse moyenne de diminution de la concentration entre 0 h et 48 h, en mg·L⁻¹·h⁻¹. Indiquez le signe de cette variation et expliquez brièvement pourquoi cette vitesse moyenne ne permet pas, à elle seule, d'affirmer que la cinétique est constante pendant toute la durée de l'essai.

PARTIE 3 : Bilan matière et préparation du protocole opératoire (5 points)

Dimensionnement expérimental, bilan de phosphore et organisation des mesures

Le schéma coté du réacteur et ses caractéristiques figurent en DT 1. Le volume utile est déterminé à partir du diamètre intérieur et de la hauteur de liquide. Pour un cylindre, on utilisera $V = \pi r^2 h$. La concentration initiale en phosphore est de 8,00 mg·L⁻¹. À 48 h, la concentration moyenne doit être prise égale à la valeur obtenue en 2.1. La biomasse sèche mesurée passe de 0,08 g·L⁻¹ au début de l'essai à 0,42 g·L⁻¹ après 48 h.

3.1 (1,5 point) À partir des dimensions intérieures de DT 1, calculez le volume utile du réacteur en litres. Arrondissez au centième de litre. Calculez ensuite la masse de phosphore dissous dans un réacteur à 0 h et à 48 h, puis la masse apparente retirée de la phase liquide, en mg. Utilisez $m = C \times V$, avec C en mg·L⁻¹ et V en L.

3.2 (1 point) Calculez l'augmentation de biomasse sèche en $g \cdot L^{-1}$ et la masse de biomasse sèche produite dans un réacteur. À partir de la masse apparente de phosphore retirée calculée en 3.1, calculez la quantité apparente de phosphore retirée par gramme de biomasse produite, en $mg \cdot g^{-1}$. Précisez une limite d'interprétation de ce rapport.

3.3 (1,5 point) Rédigez un protocole opératoire synthétique permettant de reproduire l'essai sur 48 h. Il doit indiquer les étapes de préparation et d'inoculation, les conditions à maintenir, les temps de prélèvement, la préparation des échantillons pour le dosage et au moins une mesure permettant de suivre la croissance algale.

3.4 (1 point) Au vu de la valeur moyenne calculée en 2.1, indiquez si l'objectif expérimental de 2,0 $mg \cdot L^{-1}$ est atteint. Formulez une conclusion limitée aux données de l'essai et distinguez la diminution du phosphore dissous de la démonstration de son incorporation dans la biomasse.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et fiabilité des résultats (5 points)

Maîtrise des risques de laboratoire et qualité de la démarche expérimentale

Les consignes de prévention et les informations relatives aux réactifs figurent en DT 3. Les travaux sont réalisés dans un laboratoire d'enseignement et de recherche. Les consignes générales de prévention de l'établissement, les fiches de données de sécurité des produits utilisés et les procédures locales de gestion des déchets s'appliquent.

4.1 (2 points) Relevez trois risques liés aux opérations décrites dans DT 3 et associez à chacun une mesure de prévention adaptée. Votre réponse doit inclure au moins un risque lié aux réactifs, un risque lié à la manipulation des cultures et un risque lié au matériel ou à l'environnement de travail.

4.2 (1,5 point) Expliquez pourquoi les échantillons doivent être identifiés sans ambiguïté et pourquoi un blanc de réactifs est nécessaire lors du dosage colorimétrique. Indiquez une conséquence possible d'une erreur d'identification et une conséquence possible de l'absence de blanc.

4.3 (1,5 point) Proposez deux améliorations du plan expérimental ou du traitement des résultats qui permettraient d'évaluer plus solidement la reproductibilité et l'origine de la diminution mesurée. Pour chaque proposition, indiquez quelle incertitude ou quel biais elle aide à réduire.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : RÉACTEUR PILOTE : COUPE COTÉE ET CARACTÉRISTIQUES

Le réacteur est un cylindre vertical transparent. Les dimensions indiquées sont les dimensions intérieures utiles au calcul du volume de liquide. Le diamètre intérieur est de 100 mm et la hauteur de liquide est de 250 mm. Le réacteur est rempli jusqu'au repère de hauteur utile, sans tenir compte du volume occupé par les éléments de mesure. Pour le calcul, prendre $\pi = 3,1416$ et convertir les longueurs en mètres ou le volume final en litres.

La température est maintenue à 22 °C, sous un éclairement de 80 µmol de photons·m^{-2}·s^{-1}, avec une photopériode de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité. L'agitation est réglée à 100 tr·min^{-1}. Ces valeurs sont des conditions expérimentales fixées pour cet essai, et non des seuils réglementaires.

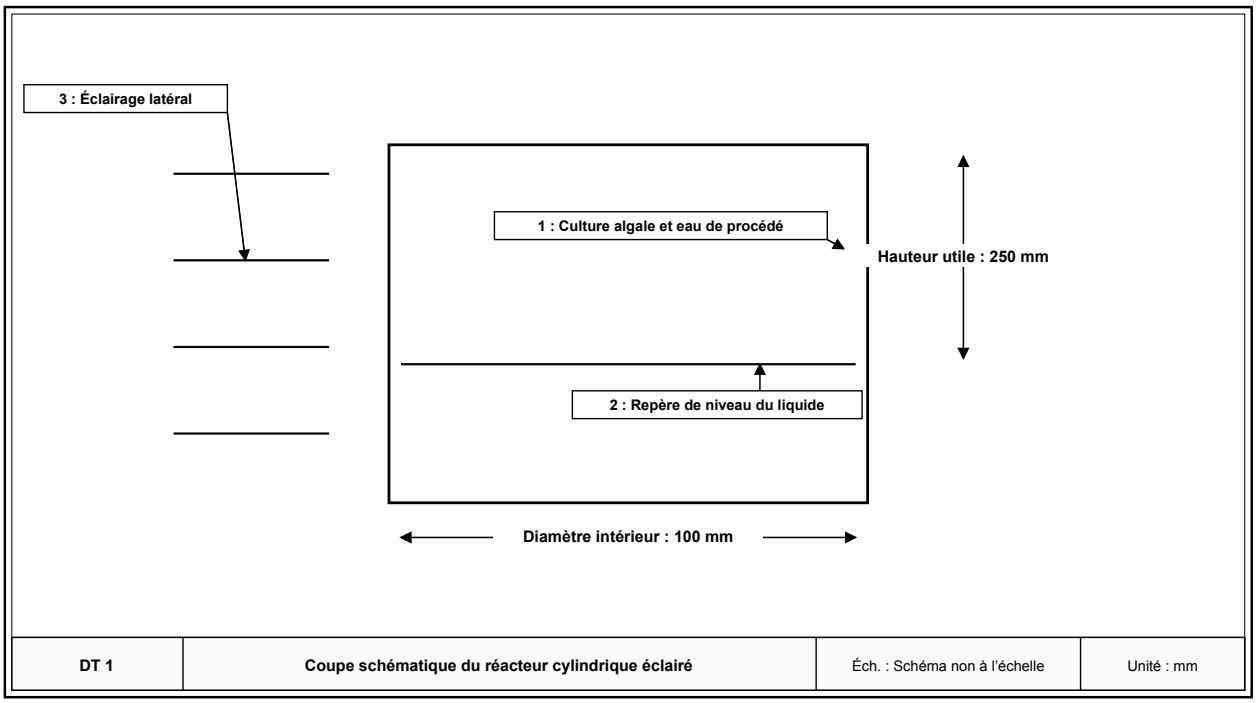


Schéma de principe. Les cotes textuelles indiquent les dimensions réelles intérieures utiles.

Paramètres de fonctionnement du réacteur

Paramètre	Valeur	Unité
Température	22	°C
Éclairement	80	µmol de photons·m^{-2}·s^{-1}
Photopériode	16 lumière / 8 obscurité	h par cycle de 24 h
Agitation	100	tr·min^{-1}
Volume utile calculé à partir des cotes	À déterminer	L

Conditions fixées pendant la période de suivi.

DT 2 : DOSAGE COLORIMÉTRIQUE DU PHOSPHORE ET RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Le dosage colorimétrique est réalisé dans les mêmes conditions pour les étalons et les échantillons. L'absorbance est mesurée à 880 nm après réaction avec les réactifs colorimétriques. La droite d'étalonnage, établie dans la gamme utilisée, est $A = 0,125C + 0,020$, où A est l'absorbance sans unité et C la concentration en phosphore exprimé en P, en mg·L⁻¹, dans la solution placée dans la cuve.

Pour retrouver la concentration de l'échantillon initial dilué avant la lecture, utiliser $C_{échantillon} = C_{lu} \times F_d$, où $F_d = 2$. La concentration calculée à partir de l'absorbance se détermine par $C_{lu} = \frac{A - 0,020}{0,125}$. Les échantillons ont été homogénéisés avant prélèvement. Le blanc de réactifs contient les réactifs de dosage et de l'eau déionisée, sans échantillon.

Données de suivi de la concentration en phosphore

Temps	Échantillon ou réplicat	Absorbance	Facteur de dilution	Information fournie
0 h	Mélange initial	0,520	2	Concentration initiale avant dilution : 8,00 mg·L⁻¹
48 h	R1	0,245	2	À calculer
48 h	R2	0,270	2	À calculer
48 h	R3	0,258	2	À calculer

Les absorbances de 48 h sont les mesures individuelles à exploiter. La concentration initiale est une mesure fournie.

Mesures de biomasse sèche

Temps	Biomasse sèche	Unité
0 h	0,08	g·L⁻¹
48 h	0,42	g·L⁻¹

Concentrations déterminées par filtration d'un volume connu, séchage du filtre et pesée.

DT 3 : PLAN EXPÉRIMENTAL, CONTRÔLES ET PRÉVENTION AU LABORATOIRE

Le plan d'essai initial comprend trois réacteurs inoculés avec la microalgue et exposés à la lumière. Chaque réacteur contient le même volume utile d'eau de procédé, reçoit la même quantité d'inoculum et est soumis aux mêmes conditions de température, d'éclairement et d'agitation. Les échantillons sont prélevés à 0 h, 24 h et 48 h. Les résultats d'absorbance fournis en DT 2 correspondent aux trois réplicats mesurés à 48 h.

Pour vérifier l'origine de la variation, des contrôles complémentaires peuvent être ajoutés : un témoin non inoculé exposé à la lumière, un témoin non inoculé maintenu à l'obscurité et un témoin sans réactif pour repérer une coloration propre à l'échantillon. Les contrôles doivent être traités selon les mêmes étapes de prélèvement et de dosage que les échantillons correspondants.

Les réactifs du dosage peuvent être irritants ou nocifs selon leur composition. Les cultures et échantillons d'eau de procédé sont traités comme des matières biologiques de laboratoire. Porter une blouse fermée,

des lunettes de protection et des gants adaptés aux produits utilisés. Ne pas pipeter à la bouche. Éviter les éclaboussures et le contact avec les yeux ou la peau. Consulter les fiches de données de sécurité et les procédures locales avant manipulation. Éliminer les réactifs et cultures dans les filières de déchets prévues par le laboratoire. Maintenir les câbles et liquides à distance des équipements électriques et signaler immédiatement tout déversement ou bris de verrerie.

Aucun extrait chiffré de norme de rejet n'est applicable dans ce dossier : l'objectif de 2,0 $mg \cdot L^{-1}$ est uniquement un critère expérimental fixé pour l'exercice.

Lots expérimentaux et fonction des témoins

Lot	Inoculum algal	Éclairement	Fonction dans l'interprétation
Culture test	Oui	Lumière	Mesurer l'évolution dans les conditions de culture
Témoin lumière	Non	Lumière	Évaluer une évolution sans microalgues sous lumière
Témoin obscurité	Non	Obscurité	Évaluer une évolution sans microalgues et sans lumière
Blanc de réactifs	Non applicable	Non applicable	Évaluer le signal dû aux réactifs seuls

Plan à considérer ou à compléter dans la réponse à la question 1.3.

Risques et mesures de prévention à considérer

Opération ou situation	Risque possible	Mesure de prévention de base
Préparation du dosage colorimétrique	Contact ou projection de réactif	Blouse, lunettes, gants adaptés, manipulation soigneuse
Manipulation des cultures et eaux de procédé	Contact avec une matière biologique	Éviter les projections, couvrir les plaies, appliquer les procédures locales
Utilisation de verrerie et d'équipement électrique	Coupure ou risque électrique en présence de liquide	Vérifier l'intégrité du matériel et éloigner les liquides des équipements électriques
Fin de manipulation	Mélange de déchets incompatibles ou rejet inadapté	Trier et éliminer selon les filières et consignes du laboratoire

Les mesures précises sont à appliquer selon les fiches de données de sécurité et les procédures locales.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.3, 2.1 et 2.2 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les tableaux. Pour les calculs, présenter les étapes et les unités sur la copie. Les cases marquées « ... » sont à compléter par le candidat.

Plan expérimental proposé

Lot expérimental	Présence de microalgues	Condition lumineuse	Nombre de réplicats proposé	Rôle du lot
Culture test	Oui	Lumière	.....	.....
Témoin lumière	Non	Lumière	.....	.....
Témoin obscurité	Non	Obscurité	.....	.....

Compléter les lots, les réplicats et la mesure ou la comparaison attendue.

Calcul des concentrations à 48 h

Réplicat	Absorbance A	Concentration lue C_lu en mg·L⁻¹	Concentration avant dilution en mg·L⁻¹
R1	0,245	.....	.....
R2	0,270	.....	.....
R3	0,258	.....	.....
Moyenne	.....	.....	.....

Utiliser la droite d'étalonnage et le facteur de dilution égal à 2.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 3.1 et 4.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases « ... » à partir des dimensions de DT 1 et des données de l'énoncé. Indiquer les unités. Pour la prévention, associer chaque risque à une mesure de maîtrise appropriée.

Bilan matière dans un réacteur

Grandeur	Relation ou donnée	Résultat avec unité
Rayon intérieur	Diamètre intérieur / 2	.....
Volume utile	$V = \pi r^2 h$	.....
Masse initiale de phosphore	$C0 \times V$	.....
Masse finale de phosphore	$C48 \times V$	.....
Masse apparente retirée de la phase liquide	Masse initiale - masse finale	.....

La concentration finale est la moyenne calculée à la question 2.1.

Diagnostic de prévention

Situation de travail	Risque identifié	Mesure de prévention
Manipulation des réactifs de dosage	.....	.....
Manipulation des cultures et échantillons	.....	.....
Utilisation de verrerie ou d'équipement électrique	.....	.....

Compléter avec les risques et mesures adaptées aux opérations de DT 3.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.