

5.5 Epreuve de travaux pratiques de contre-option du secteur B : Sujet et commentaires

5.5.1 Présentation de l'épreuve

L'épreuve de travaux pratiques de contre option B, destinés aux candidats des secteurs A et C, avait pour thème général les surfaces d'échanges respiratoires chez les arthropodes, étudiées à partir de deux animaux classiquement utilisés en zoologie, l'écrevisse et le criquet.

La partie I, consacrée aux crustacés, permettait d'envisager des aspects morpho-anatomiques et adaptatifs en lien avec les échanges en milieu aquatique et proposait une réflexion à partir de la formulation d'un paradoxe.

La partie II s'intéressait quant à elle à l'appareil trachéen des insectes et à certaines de ses particularités. Elle proposait également de réaliser une approche pédagogique de l'étude du contrôle du rythme ventilatoire chez ces animaux aériens.

La partie III correspondait à un exercice de reconnaissance de divers échantillons, animaux et végétaux, associé à une approche fonctionnelle.

Le jury a constaté de façon générale que les candidats ne lisaient pas le sujet avec suffisamment d'attention pour respecter strictement les consignes afin de traiter le sujet et de se limiter à ce qui est demandé. Toute activité supplémentaire ne peut pas être prise en compte dans la notation et occasionne une perte de temps préjudiciable. Les sujets sont toujours longs de façon à valoriser les candidats rapides qui gèrent efficacement leur temps, mais également pour donner à chacun la possibilité de réaliser une bonne partie des exercices sans être trop pénalisé par l'incapacité à exécuter certains d'entre eux. La diversité des exercices permet par ailleurs de tester des capacités à la fois pratiques et cognitives mais aussi les connaissances de base des candidats qui se destinent à l'enseignement.

5.5.2 Commentaires concernant la première partie

Les candidats ont en très grande majorité réalisé l'exercice consistant à prélever les structures impliquées dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires. Cependant, cette extraction a souvent été incomplète, parfois limitée aux seules branchies. La formation d'une cavité branchiale et la mise en mouvement de l'eau sont des éléments importants de la réalisation de ces échanges et les structures anatomiques impliquées devaient être présentées. La liste attendue devait bien sûr correspondre aux éléments extraits et présentés. A l'image de l'extraction, elle est souvent incomplète et néglige les structures associées à la convection du milieu extérieur.

La réalisation d'une préparation permettant de mettre en évidence l'organisation d'une branchie nécessitait de faire le choix d'un mode de présentation pertinent. Comme attendu, c'est la préparation microscopique qui a été majoritairement choisie et si les préparations sont généralement exploitables, le soin apporté à leur préparation est, lui, très perfectible. Le schéma d'interprétation doit s'appuyer sur l'observation et non être récité, comme c'est trop souvent le cas. Enfin, un titre et une échelle sont indispensables. A ce propos, la mention du grossissement utilisé pour effectuer l'observation est insuffisante et il est préférable de faire apparaître une barre d'échelle.

Les caractéristiques de surfaces d'échange devaient être **argumentées** à partir de l'observation réalisée, ce qui n'a pas été toujours le cas.

Le troisième point commençait par une approche physique des échanges gazeux et le terme modélisation n'a pas toujours été bien compris. De même, l'écriture de la loi de Fick sans équation aux dimensions est forcément incomplète. La gradation dans l'analyse, imposée par les questions, n'a pas toujours été respectée, ce qui a conduit à des répétitions inutiles et à des confusions dans les réponses. L'approche évolutive se basait sur le constat que des structures disposées à la surface du corps d'un arthropode sont ectodermiques et donc recouvertes d'une cuticule. Cette situation paradoxale pour

la réalisation d'une surface d'échange a très rarement été comprise, révélant ainsi que l'approche évolutive de la zoologie est encore perfectible.

5.5.3 Commentaires concernant la seconde partie

La réalisation d'une préparation de muscle fémoral de criquet a été globalement bien réalisée, mais le choix du mode de présentation a été discriminant. La loupe binoculaire, utilisée par certains candidats, est inadaptée ici. Comme en première partie, l'inadéquation entre l'observation et le schéma d'interprétation a été sanctionnée, certaines productions étant de pures récitations. Il en a été de même avec l'analyse de l'électroneurographie de muscle thoracique de blatte, la majorité des candidats se contentant d'affirmer que les gaz respiratoires sont amenés directement aux cellules, sans argumenter leur affirmation à partir de l'observation du cliché proposé. Il y a eu également quelques réponses surprenantes, comme la confusion entre des trachéoles et des stigmates. La prise en compte des échelles ou des grossissements est indispensable à l'analyse des objets biologiques.

L'examen des caractères adaptatifs et des contraintes structurales a rarement été réalisé en lien avec les caractéristiques du milieu aérien et celle du plan d'organisation. Le tableau présenté était donc souvent incomplet.

L'analyse des images de radiographie et leur interprétation ont souvent été bien réalisées avec toutefois l'oubli du passage de la surface au volume. En revanche, l'analyse des courbes proposées dans l'approche quantitative s'est révélée très décevante, la plupart des candidats qui ont abordé cette question se contentant de lier l'augmentation des grandeurs mesurées à celle de la taille corporelle. La notion de croissance allométrique n'a pas été perçue bien que cela ait été suggéré par la légende du document.

La représentation d'un protocole de suivi de la relation entre composition de l'air inspiré et rythme ventilatoire a souvent été faite de façon caricaturale, sans doute par manque de temps. Cela-dit, le recours quasi systématique à l'EXAO proposé dans les montages présentés est assez surprenant et dénote une absence de réflexion quant au choix du matériel utilisé...

L'exploitation des données fournies devait amener à une réflexion sur le mode de présentation et à la prise en compte de la variabilité interindividuelle, ce qui a très rarement été réalisé. L'une des conditions devait être rapprochée de la composition de l'atmosphère.

5.5.4 Commentaires concernant la troisième partie

La partie III correspondait à l'identification de 10 échantillons (5 d'origine animale et 5 végétaux) avec 10 minutes sur postes d'observation. Les documents « animaux » concernaient des structures associées aux échanges gazeux respiratoires. Les résultats sont décevants car, pour quelques identifications correctement réalisées, la pluparts des copies ne comportent que de vagues indications, parfois fantaisistes.

Le jury, tient, comme les années précédentes, à souligner qu'il est très regrettable que le niveau des connaissances naturalistes des candidats à l'Agrégation externe de SV-STU soit si faible, et ne peut qu'encourager les futurs candidats à améliorer leurs connaissances dans ce domaine.

5.5.5 Sujet commenté

Les quelques informations qui suivent constituent des indications mais en aucun cas un corrigé complet.

**AGRÉGATION DE SCIENCES DE LA VIE -
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2016

**TRAVAUX PRATIQUES DE CONTRE-OPTION DU SECTEUR B
CANDIDATS DES SECTEURS A et C**

Durée totale : 2 heures

Les surfaces d'échanges respiratoires des Arthropodes

Les 3 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez votre organisation en conséquence.

La partie « reconnaissance » s'effectuera à partir de spécimens présentés dans la salle. Ils seront consultables en un temps limité et selon un planning préétabli indiqué en début d'épreuve.

Partie I : Les branchies des crustacés	page 2
<i>Durée conseillée : 60 minutes – barème : 60/120</i>	
Partie II : Les trachées des insectes	page 9
<i>Durée conseillée : 45 minutes – barème : 45/120</i>	
Partie III : Reconnaissance	page 18
<i>Durée conseillée : 15 minutes – barème : 15/120</i>	

Les réponses aux questions figureront dans les cadres réservés à cet effet.

N'oubliez pas d'appeler les correcteurs lorsque cela est demandé.

**AVANT DE REMETTRE VOTRE DOSSIER, VÉRIFIEZ QUE VOUS AVEZ BIEN INDIQUÉ VOS
NOM, PRÉNOM ET NUMÉRO DE SALLE EN TÊTE DE TOUS LES DOCUMENTS.**

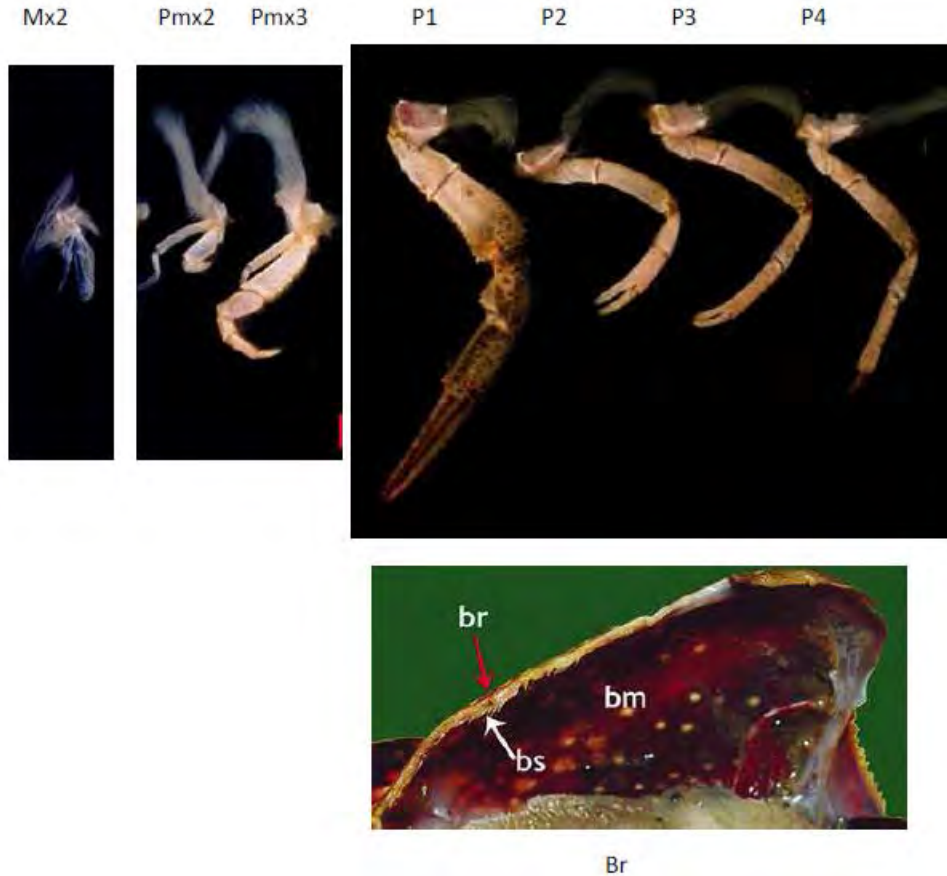
Vous devez rendre la totalité des feuilles du dossier

Partie I : L'APPAREIL RESPIRATOIRE DES CRUSTACÉS

I- Organisation générale :

I.A- Les structures impliquées

Vous présenterez, fixés sur une feuille libre, les différentes structures impliquées dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires de l'animal qui est à votre disposition sur votre poste de travail.



Un exemple de panoplie minimale...

I-B- Approche fonctionnelle

Pour chaque type de structure prélevée et présentée, précisez son nom, sa position dans le plan d'organisation de l'animal et sa fonction dans la réalisation des échanges gazeux respiratoires.

Réponse à la question I-B

Branchiostégite (expansion des pleurites) protection des branchies, formation d'une cavité, orientation du courant d'eau

Scaphognathite sur Mx2 mise en mouvement de l'eau dans un sens postéro-antérieur

Pmx2 rudiment de podobranche sur protopodite

Pmx3 1 podobranche et 2 arthrobranchies

P1 1 podobranche et 2 arthrobranchies

P2 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P3 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P4 1 podobranche et 2 arthrobranchies et 1 pleurobranche

P5 1 pleurobranche

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre présentation et son adéquation à la liste présentée ci-dessus.

II- Structure de l'échangeur :

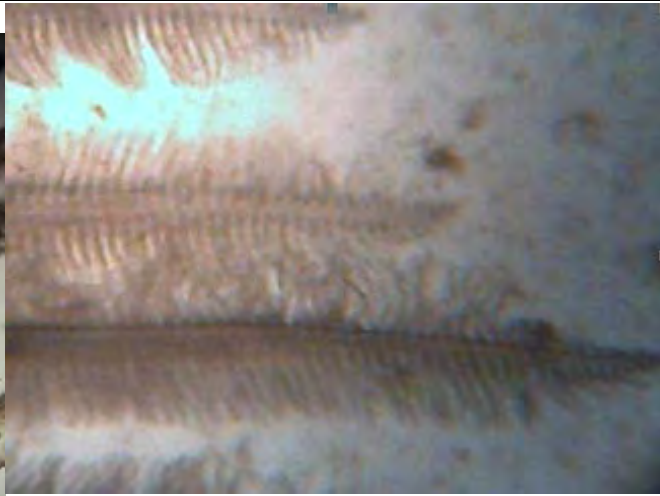
II-A- Mise en évidence

Réalisez une préparation permettant de mettre en évidence l'organisation type d'une branchie d'écrevisse.

Réalisez également un schéma d'interprétation de votre préparation.

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre préparation et son adéquation avec le schéma réalisé.

Réponse à la question II-A



Montages possibles

II-B- Caractéristiques de surface d'échange

Rappelez quelles caractéristiques propres aux surfaces d'échange apparaissent après examen et interprétation de votre préparation.

Réponse à la question II-B

Nombreux replis, grande surface

Transparent à la lumière, faible épaisseur

III- **Généralisation :**

III-A- Approche physico-chimique

Rappelez brièvement par quel processus physique se réalisent les échanges gazeux respiratoires et proposez une modélisation permettant de les quantifier.

Réponse à la question III-A

Diffusion

Loi de Fick : $dn/dt = -DS(dC/e)$

Avec D, coefficient de diffusion en $m^2.s^{-1}$; S, aire en m^2 ; dC, différence de concentration en $mol.m^{-3}$; e, épaisseur en m.

III-B- Approche adaptative

III-B-1

Précisez en quoi votre étude réalisée à différentes échelles montre une adéquation entre les structures observées et la modélisation proposée ci-dessus.

Réponse à la question III-B-1

Augmentation de S

Faible épaisseur

Courant d'eau renouvelant le milieu extérieur, entretien du gradient dC/e

III-B-2

Quelles particularités liées à la vie en milieu aquatique peut-on mettre en évidence ?

Réponse à la question III-B-2

Surface d'échange en position externe, dans le milieu extérieur, sans soutien mécanique, portée par la densité du milieu.

Courant d'eau unidirectionnel, relation avec la densité et la viscosité du milieu

III-C- Approche évolutive

III-C-1

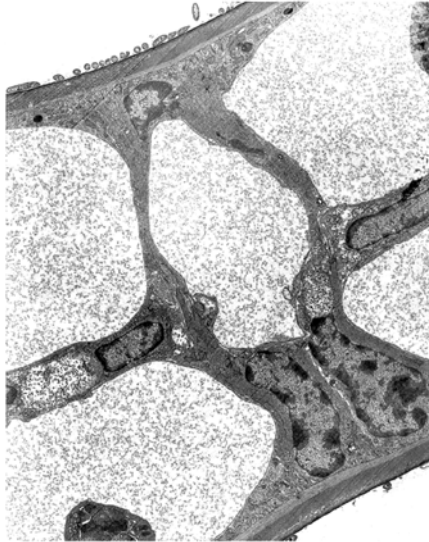
Au vu de la place des branchies dans le plan d'organisation des crustacés, exprimez le paradoxe apparent que cela représente pour la mise en place d'une surface d'échanges gazeux respiratoires.

Réponse à la question III-C-1

Présence d'une cuticule sur les branchies tégumentaires et donc d'un épithélium sécréteur constitué de cellules « hautes ». Cuticule plus cellules hautes forment une épaisseur qui s'oppose la diffusion.

III-C-2

L'image présentée ci-dessous a été obtenue à partir d'une branchie du crabe *Callinectes sapidus* ($\times 9\ 900$).



III-C-2-a

Rappelez brièvement le principe de la technique et les principales étapes opératoires permettant d'obtenir une telle image.

Réponse à la question III-C-2-a

Electronographie Microscope Electronique à Transmission. Fixation de l'échantillon, coloration avec sel de métal lourd (OsO_4), exposition à un faisceau d'électrons, plus ou moins déviés par le colorant puis focalisés par une lentille électromagnétique, révélation du film photographique.

III-C-2-b

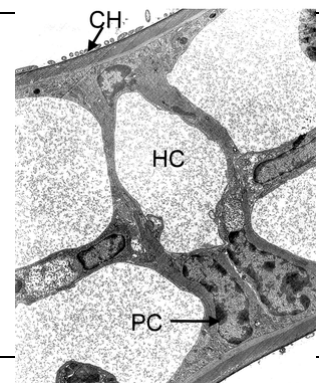
Réalisez un schéma d'interprétation de cette image.

Réponse à la question III-C-2-b

CH : cuticule reposant sur une bande continue de cytoplasme

HC : lacune hémolymphatique ménagée entre les cellules épithéliales

PC : cellule pilier



III-C-2-c

En quoi l'organisation identifiée sur ce cliché permet-elle de résoudre le paradoxe formulé précédemment ?
Vous illustrerez votre réponse en utilisant le cadre de la page suivante.

Réponse à la question III-C-2-c

La cuticule est très mince, et de plus bien évidemment perméable au gaz ; lacunes hémolymphatiques très développées associés à une convection interne qui maintient le gradient dC/dx .

Réponse illustrée à la question III-C-2-c

2 schémas au moins, épithélium sécréteur continu avec jonctions membranaires et apparition des lacunes par écartement des membranes plasmiques sauf au niveau des complexes jonctionnels.

Partie II : L'APPAREIL RESPIRATOIRE DES INSECTES

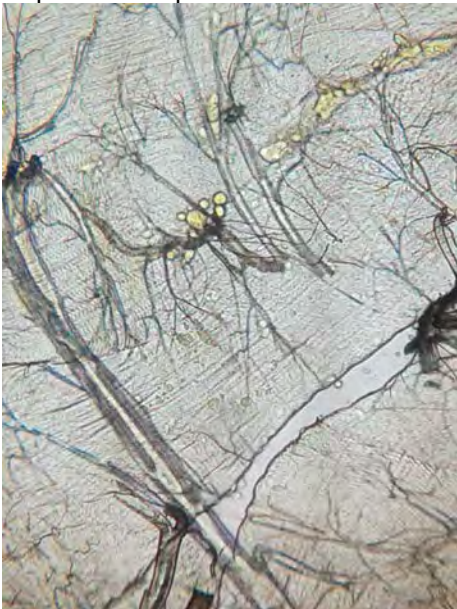
I- Structure de l'échangeur

I.A- À l'échelle anatomique :

Réalisez une préparation de muscle fémoral permettant de mettre en évidence l'organisation de l'appareil respiratoire de l'animal qui est à votre disposition sur votre poste de travail.

Réalisez également un schéma d'interprétation de votre préparation.

Réponse à la question I-A



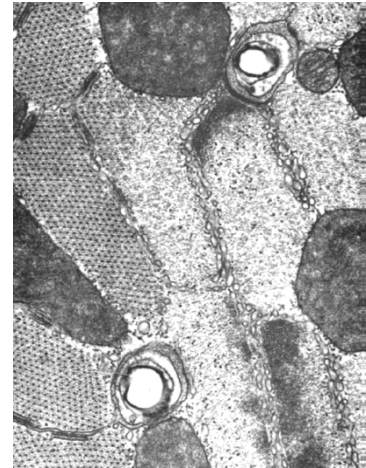
grossissement 400

Montage possible, observé au microscope photonique sous

Appelez l'examineur pour faire évaluer votre préparation et son adéquation avec le schéma réalisé.

I.B- À l'échelle microscopique :

L'image ci-dessous est une électronographie ($\times 70\ 000$) de coupe transversale de muscle thoracique de la blatte *Leucophaea maderae*.



I-B-1

Quelle originalité de l'appareil respiratoire cette observation permet-elle de mettre en évidence ?

Réponse à la question I-B-1

Trachéoles pénètrent au cœur des cellules musculaires, parallèlement aux myofibrilles, à proximité immédiate des mitochondries, utilisatrices de O_2 et productrices de CO_2 .

I-B-2

Présentez sous forme d'un tableau les caractères adaptatifs et les contraintes structurales et fonctionnelles que représente une telle organisation de l'appareil respiratoire des insectes

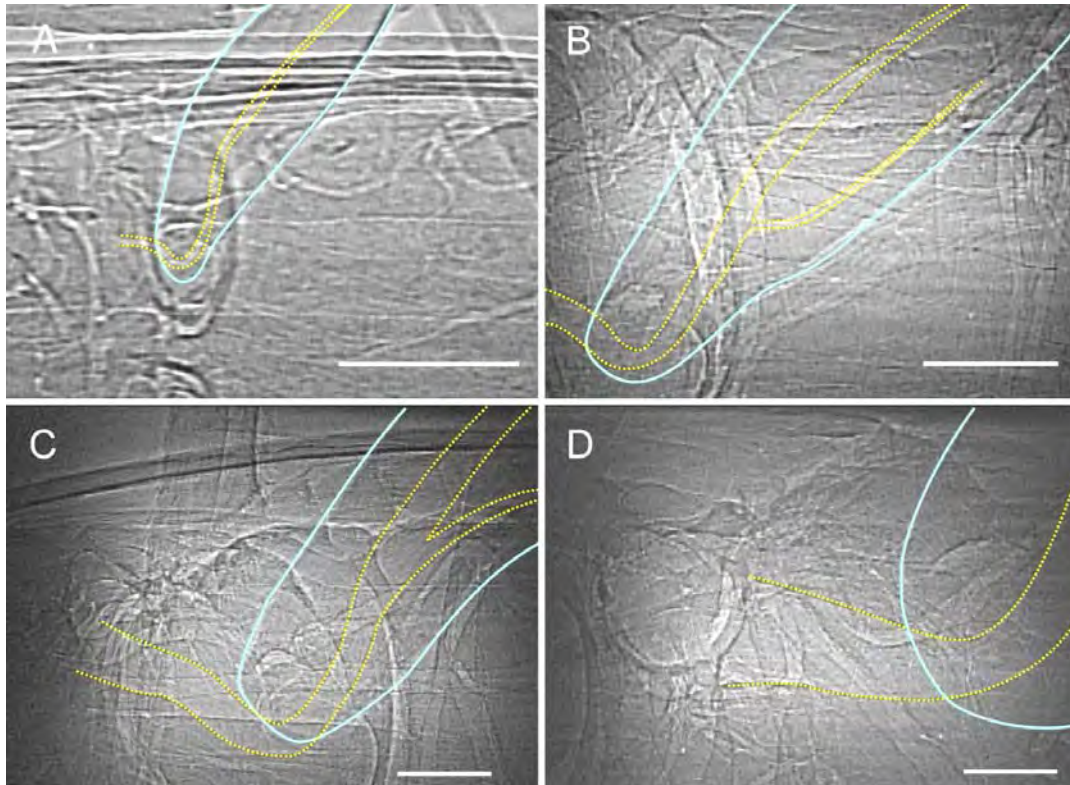
Réponse à la question I-B-2

Caractères adaptatifs	contraintes structurales et fonctionnelles
Echangeur internalisé, en lien avec le potentiel hydrique de l'atmosphère, et la densité de l'air	Origine ectodermique et présence d'un exosquelette internalisé
Grande surface de contact entre atmosphère interne et cellules	Nombre de trachées proportionnel aux nombre de cellules
Soutien cuticulaire empêchant le collapsus	Volume important occupé par l'appareil respiratoire
Distance de diffusion minimale entre atmosphère et mitochondries	

II- Contrainte fonctionnelle et allométrie

Les images présentées ci-dessous sont des radiographies du métamère métathoracique de coléoptères ténébrionides, réalisées en orientation dorso-ventrale avec la tête située vers la gauche. Les images sont ordonnées selon la taille croissante des espèces : (A) *Tenebrio castaneum* ($2,0 \pm 0,3$ mg) ; (B) *Tenebrio molitor* ($132,2 \pm 20,2$ mg) ; (C) *Eleodes armata* ($688,6 \pm 340,6$ mg) ; (D) *Eleodes obscura* ($1350,0 \pm 255,0$ mg).

Sur chaque image, le contour du fémur est surligné d'un trait bleu continu et les principaux éléments de l'appareil respiratoire d'un trait jaune pointillé (barres : $250\ \mu m$).



II.A- Approche qualitative :

Expliquez en quelques lignes comment on peut utiliser ces images pour estimer l'encombrement trachéal dans les appendices locomoteurs et proposez une quantification en détaillant votre démarche.

Réponse à la question II-A-

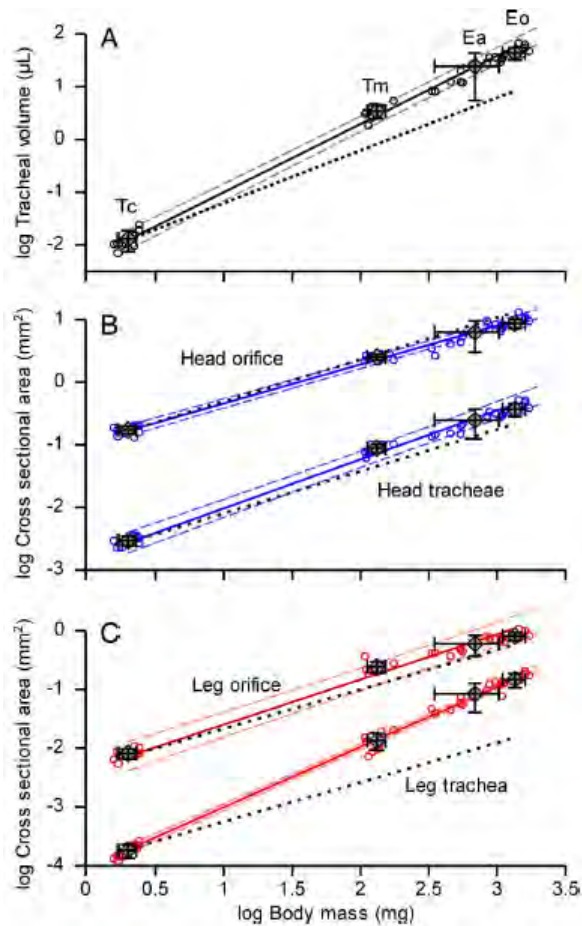
Mesure de la largeur de la trachée et de celle de l'orifice, « projection » en 3D

Calcul du rapport entre les deux

II.B- Approche quantitative :

Une étude quantitative complète a été réalisée sur les quatre espèces citées précédemment (Tc, Tm, Ea & Eo). Pour tous les individus étudiés (cercles vides), le volume trachéal total a été mesuré (graphe A) ainsi que les surfaces des orifices situés entre la tête et le thorax (head orifice, graphe B) et à l'extrémité proximale du fémur (leg orifice, graphe C). La surface de la section transversale de la trachée qui passe à travers ces orifices (head tracheae, graphe B ; leg tracheae, graphe C) a également été mesurée et ces valeurs ont été rapportées à la masse corporelle des individus (log body mass, graphiques A, B & C ci-dessous).

Les courbes de tendance tracées dans les différents nuages de points ont des valeurs de r^2 supérieures à 0,9 et sont bordées par des lignes tiretées représentant l'intervalle de confiance à 95%. Les lignes pointillées représentent les différentes relations isométriques à partir de l'espèce de plus petite taille.



Exploitez ces informations de façon à mettre en évidence la contrainte que représente l'appareil respiratoire en termes de taille corporelle chez les insectes.

Réponse à la question II-B-
 Croissance allométrique de l'appareil respiratoire par rapport à la taille corporelle
 Au-delà d'une certaine taille, le diamètre de la trachée est supérieur à celui de la communication entre segments de la patte

III- Ventilation

On s'intéresse ici à une exploitation pédagogique de données concernant la mesure du rythme ventilatoire chez le criquet.

III.A- : Approche théorique :

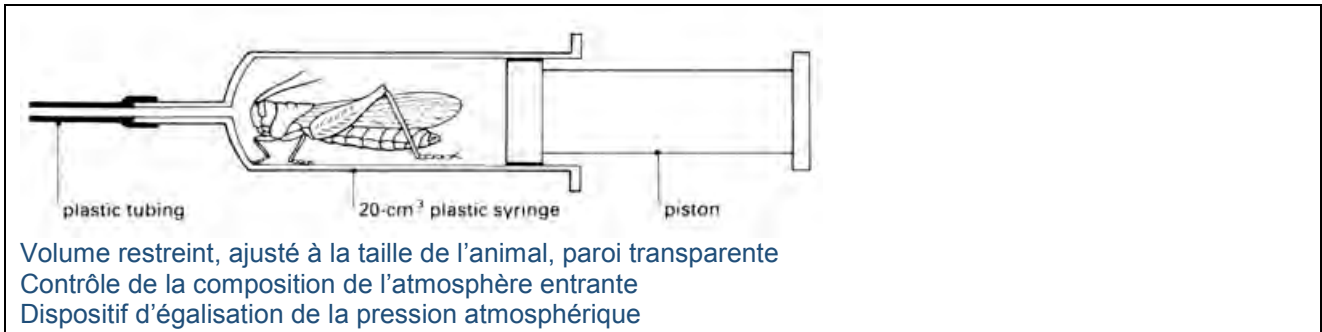
Rappelez brièvement les principales modalités de la mécanique ventilatoire du criquet.

Réponse à la question III-A-
 Stigmates : communication entre atmosphères externe et interne
 Stigmates antérieurs ouverts à l'inspiration, extérieurs à l'expiration
 Muscles abdominaux ventilatoires

III.B- Conception d'un protocole :

Représentez un montage expérimental simple permettant de mesurer le rythme ventilatoire du criquet et sa sensibilité à la composition de l'atmosphère.

Réponse à la question III-B-

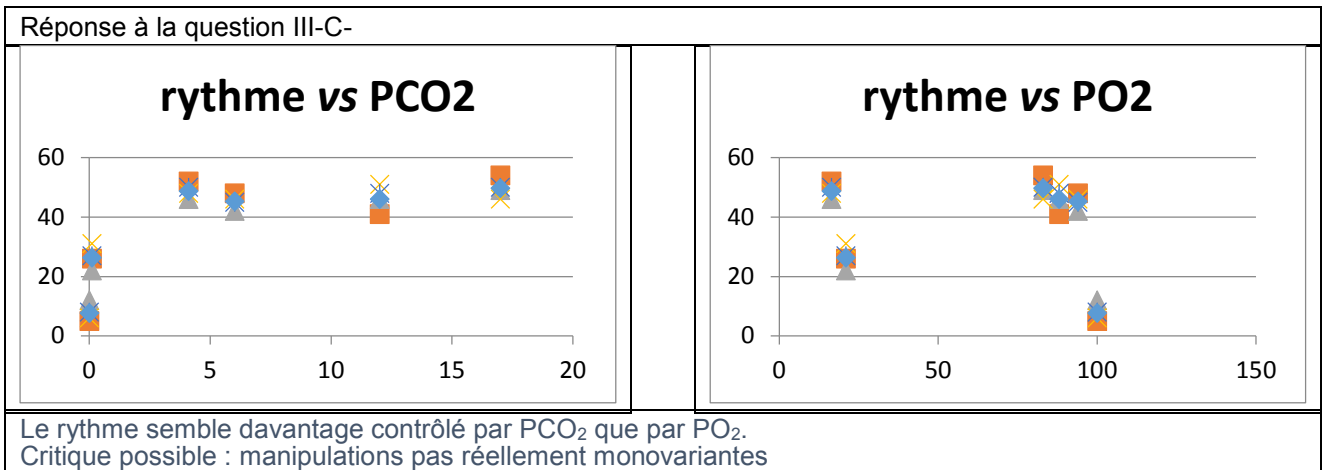


II.C- Résultats :

Le tableau ci-dessous rassemble des valeurs obtenues chez quatre individus pour différents mélanges gazeux.

Composition du mélange gazeux (%)		Résultats individuels (nb. cycles /30s)			
Dioxygène	Dioxyde de carbone				
21	0,1	26	22	31	27
16,4	4,1	52	46	48	50
100	0	5	12	6	8
94	6	48	42	46	45
88	12	41	46	51	48
83	17	54	49	46	50

Exploitez ces données de façon à discuter de l'influence des différents gaz sur le rythme ventilatoire.



Partie III : RECONNAISSANCE

10 minutes maximum devant les documents

Pour chaque item présenté, vous indiquerez dans le tableau ci-dessous son nom, l'organisme auquel il appartient, sa fonction biologique et/ou sa position systématique.

item	Nom / Organisme	Fonction biologique / Position systématique
1	CT trachée de mammifère	Communication atmosphère externe/interne Nettoyage, humidification, mise à température de l'air inspiré
2	MEB poumon oiseau, parabronches	Echanges gazeux sang/atmosphère interne Circulation unidirectionnelle de l'air Courant croisé avec circulation sanguine
3	CT moule cavité palléale, branchies	Réalisation des échanges gazeux hémolymphe/eau de la cavité palléale Filtre alimentaire pour un microphage
4	MET alvéole pulmonaire mammifère	Réalisation des échanges gazeux atmosphère interne / sang
5	Larve d'agrion avec trachéobranches	Echanges gazeux entre eau et atmosphère interne à l'appareil respiratoire (dissolution/exsolution)
6	<i>Lapsana communis</i>	Astéracées
7	<i>Dactylis glomerata</i>	Poacées
8	<i>Equisetum telmateia</i>	Equisétinées
9	<i>Fagus sylvatica</i>	Fagacées
10	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sapindacées