

5.2 Épreuve de travaux pratiques de spécialité du secteur B : Sujet et commentaires

5.2.1 Présentation de l'épreuve

Le TP d'option B de cette année avait pour thème « les changements de milieu de vie ». Ces changements étaient envisagés à différents niveaux d'organisation et à différentes échelles de temps. Ils permettaient de couvrir différentes thématiques scientifiques : morphologie et anatomie fonctionnelles, physiologie et phylogénie notamment, et ce, chez différents clades.

5.2.2 Commentaires

La partie I traitait des changements de milieu de vie dans l'histoire évolutive des Isopodes.

Les candidats devaient d'abord déterminer deux espèces d'Isopodes à l'aide d'une clé de détermination professionnelle assortie de nombreux schémas. Ces déterminations requéraient une observation fine à la loupe binoculaire.

De nombreux candidats ont réussi à identifier au moins une des deux espèces.

Il s'agissait ensuite d'extraire un exopodite des pléopodes 1 ou 2 pour chaque espèce, de les observer, de les dessiner, de les interpréter et de les comparer en tant que structures respiratoires.

Malgré les nombreuses aides (clé, électronographies en MEB, photos de coupes transversales), un nombre non négligeable de candidats n'a pas réussi à extraire les bonnes structures. Même si l'extraction en elle-même a souvent été réussie, l'identification de l'organisation de ces structures et des liens avec la fonction respiratoire a été décevante.

Les deux espèces étaient intégrées à une collection d'Isopodes dont il fallait reconstruire une phylogénie par la méthode cladistique. Il s'agissait ensuite de faire évoluer la matrice au gré de données nouvelles puis de reconstruire un arbre.

Cette partie a été discriminante dans la mesure où de nombreux candidats ne maîtrisent pas les bases méthodologiques de la reconstruction phylogénétique. L'Amphipode présent a été peu souvent identifié comme groupe externe, conduisant à des reconstructions erronées. Même lorsque l'arbre était correctement construit, certains candidats n'ont pas été capables d'explicitier les étapes de construction. Le jury souhaiterait un apprentissage plus réfléchi de la reconstruction phylogénétique.

Il s'agissait enfin d'inférer un (ou des) scénario(s) de changement de milieu de vie sur un arbre phylogénétique des Isopodes.

Les candidats arrivés au bout de cette partie ont pour beaucoup présenté des hypothèses cohérentes.

La partie II traitait de la plasticité phénotypique chez *Hygrophila difformis*.

Cette partie consistait en une étude comparée d'une forme aquatique et d'une forme terrestre qui pouvaient alterner au cours de la vie d'*Hygrophila difformis*. Cette partie permettait de tester diverses capacités comme la réalisation de coupes anatomiques colorées ou non par la phloroglucine chlorhydrique, la réalisation d'empreintes stomatiques avec une quantification de la densité stomatique ou encore l'utilisation raisonnée du logiciel Mesurim pour comparer la surface foliaire des deux formes.

Si les capacités manipulatoires ont été très discriminantes, l'analyse des observations ou des résultats montre un manque de recul de la plupart des candidats, en particulier, sur des concepts aussi fondamentaux que le rapport surface/volume. Peu de candidats ont analysé les coupes fraîches de tige pourtant riches en informations.

Le contrôle des changements observés donnait lieu à une analyse documentaire.

Trop de candidats se contentent de décrire les documents sans les analyser. Il convient donc une nouvelle fois de rappeler la nécessité d'un travail méthodologique approfondi.

La Partie III traitait des réponses des Néréis à des variations de salinité.

Cette partie permettait non seulement de tester des capacités manipulatoires mais aussi et surtout le recul du candidat par rapport au traitement et à l'interprétation des données.

Les candidats devaient choisir et soumettre trois lots de Néréis à des conditions de salinité différentes pendant un temps déterminé. Cela impliquait la préparation des solutions, le choix des animaux, des pesées puis un traitement adapté des données ainsi qu'une interprétation raisonnée.

Le jury a observé de nombreuses erreurs dans les calculs de dilution/concentration, des erreurs graves de manipulation comme l'absence de tare lors des pesées ou des vers qui se déshydratent pendant de longues minutes sur du papier absorbant..., qui ont conduit à des résultats aberrants. Malgré tout, une bonne moitié des candidats ont réussi ces manipulations. Une réflexion sur les facteurs d'incertitude des mesures devrait être menée de manière globale.

Enfin, comme pour la partie précédente, trop de candidats se contentent de décrire les résultats sans les analyser.

La partie IV était une épreuve de reconnaissance d'espèces changeant de milieu de vie au cours de leur cycle.

Il s'agit d'une partie visant à valoriser la culture naturaliste des candidats très importante en secteur B. Il ne s'agissait pas que de reconnaître des espèces et les replacer dans la classification phylogénétique mais aussi de mettre en avant les connaissances du candidat sur la biologie de ces espèces.

Force est de constater que les connaissances des candidats sont trop lacunaires. Le jury conseille aux futurs candidats de développer leur culture naturaliste qui se construit sur un temps long reste une base pour construire les concepts biologiques.

En bilan, le sujet de TP B couvrait cette année un certain nombre de thèmes qui ont obligé les candidats à utiliser plusieurs niveaux de connaissances scientifiques et plusieurs compétences techniques, tout en développant une gestion du temps optimale. Le jury de l'option B encourage les futurs candidats à travailler leur culture naturaliste, à maîtriser les techniques de base des SVT tout en développant des connaissances solides en zoologie, botanique, écologie et évolution. Il rappelle également que l'exercice d'expérimentation et d'analyse à partir de matériels biologiques concrets, que représente le TP B, n'est que le reflet de ce qu'ils seront amenés à montrer à leurs élèves.

5.2.3 Sujet commenté

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

CONCOURS EXTERNE – ÉPREUVES D'ADMISSION – session 2019

TRAVAUX PRATIQUES DE SPÉCIALITÉ DU SECTEUR B

Durée totale : 6 heures

Les changements de milieu de vie

Les 4 parties sont indépendantes. Certaines nécessitent des manipulations, prévoyez donc votre organisation en conséquence.

Partie I : Etude des changements de milieu dans l'histoire évolutive des Isopodes	page 1
<i>Durée conseillée : 2h00 – barème : 40/120</i>	
Partie II : Etude de la plasticité phénotypique d'<i>Hygrophila difformis</i> et son contrôle	page 18
<i>Durée conseillée : 2h00 – barème : 40/120</i>	
Partie III : Etude de réponses aux variations de salinité chez la Néréis et le crabe vert	page 30
<i>Durée conseillée : 1h30 – barème : 30/120</i>	
Partie IV : Reconnaissances raisonnées de quelques espèces sujettes à des changements de milieu au cours de leur cycle de vie	page 42
<i>Durée conseillée : 0h30 – barème : 10/120</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 : Etude des changements de milieu de vie dans l'histoire évolutive des Isopodes

Les Isopodes sont un groupe de Malacostracés comptant environ 10 000 espèces décrites actuellement. Ils sont majoritairement aquatiques (marins ou d'eau douce) mais près de 3 600 espèces sont terrestres (*Oniscidea*). Les Isopodes sont le groupe frère des Amphipodes. Cette partie a pour objectif d'étudier les changements de milieu de vie dans l'histoire évolutive des Isopodes.

I- Etude comparée de deux espèces d'*Oniscidea*

I-A Détermination des deux espèces

Les espèces 1 et 2 ont été prélevées en Bretagne. A l'aide de la clé de détermination fournie, déterminez les deux espèces proposées. Vous indiquerez le chemin parcouru dans la clé (numérotation de chaque étape).

Réponse à la question I-A

Les deux espèces, *Oniscus asellus* et *Porcellio scaber*, ont en général bien été identifiées par les candidats, montrant ainsi une bonne capacité à utiliser une clé de détermination.

I-B Etude des organes respiratoires

I-B-1 L'exopodite de certains pléopodes (appendices de l'abdomen ou pléon) est le siège des échanges respiratoires chez les Isopodes terrestres.

- Extraire l'exopodite d'un pléopode 1 (ou 2) pour chacune des deux espèces.
- Réaliser le montage dans l'eau entre lame et lamelle des deux exopodites extraits.

I-B-1-a Réalisez un dessin d'observation de chacun des exopodites.

Vous pourrez vous aider pour interpréter vos observations des informations collectées dans la clé de détermination et des figures IB1 et IB2.

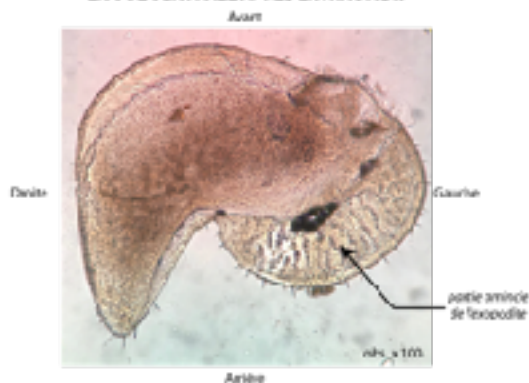
Présentez les montages et les dessins associés à l'examineur.

Réponse à la question I-B-1-a

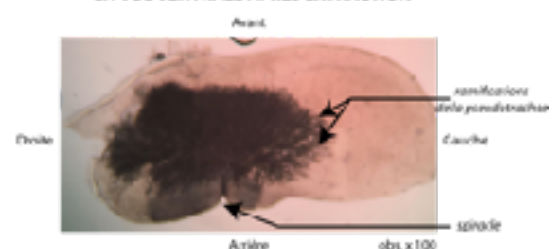
Pour chacune des espèces, le geste technique a été évalué (extraction correcte, qualité du montage, réglage du microscope) ainsi que le dessin.

Trop peu de candidats pensent à orienter leur dessin.

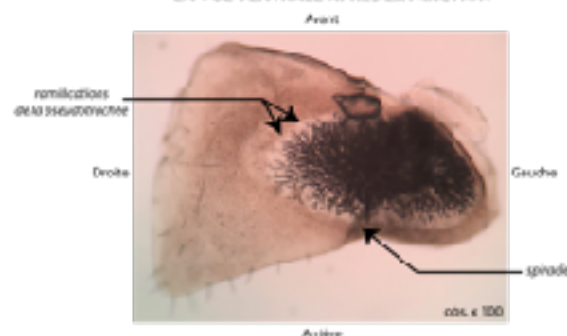
EXOPODITE DU PLEOPODE 1 GAUCHE DE L'ESPECE 1 (*Oniscus asellus*)
EN VUE VENTRALE APRES EXTRACTION



EXOPODITE DU PLEOPODE 1 DROIT DE L'ESPECE 2 (*Porcellio sp.*)
EN VUE VENTRALE APRES EXTRACTION



EXOPODITE DU PLEOPODE 2 GAUCHE DE L'ESPECE 2 (*Porcellio sp.*)
EN VUE VENTRALE APRES EXTRACTION



I-B1-b Concluez en comparant l'organisation des structures respiratoires des deux espèces. Vous expliquerez en particulier le terme « pseudo-trachées » utilisé pour qualifier certaines de ces structures.

Réponse à la question 1-B-1-b

Comparaison : chez l'espèce 1, la structure respiratoire correspond à une zone amincie de l'exopodite (cuticule fine permettant les échanges) alors que, chez l'espèce 2, la structure respiratoire est internalisée et offre une très grande surface d'échange grâce à l'existence de ramifications.

Discussion autour de la notion de pseudo-trachée : il s'agit d'une invagination localisée au niveau d'un appendice. Elle n'alimente pas en gaz respiratoires les territoires profonds de l'organisme. Les gaz respiratoires sont pris en charge par l'hémolymphe. Fonctionnellement, il s'agit davantage d'un poumon que de trachées.



Figure IB1 - Dessins de coupes transversales d'exopodites des pléopodes 1 ou 2.

La face ventrale est en haut. Les parties noires épaisses correspondent à la cuticule.

a - Pléopode 1 de l'espèce 1 (même structure pour le pléopode 2)

b - Pléopode 2 de l'espèce 2 (même structure pour le pléopode 1). La coupe passe par le spiracle (voir figure I-B-2)

(d'après Schmidt et Wägele, 2001)

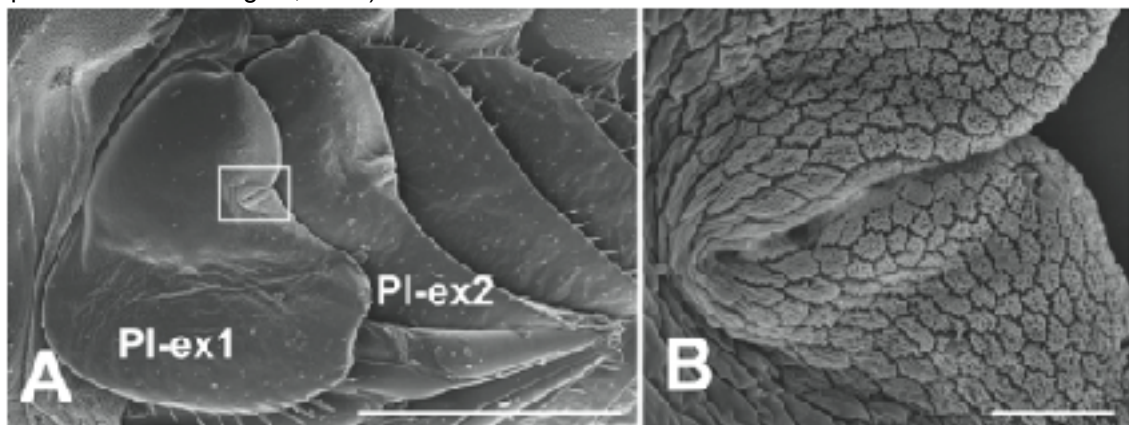


Figure IB2 – Vue ventrale des pléopodes de l'espèce 2 en microscopie électronique à balayage.

(A) PI-ex1 : exopodite du pléopode 1 ; PI-ex2 : exopodite du pléopode 2 ; le cadre correspond à la partie grossie en B ; barre d'échelle = 1mm.

(B) Détail du spiracle des pseudo-trachées ; barre d'échelle = 50µm.

(d'après Hornung, 2011)

I-B-2 Les espèces 1 et 2 sont des espèces très courantes présentes dans de nombreux milieux de vie communs incluant forêts et jardins. Cette coexistence suppose des niches écologiques différentes.

En vous appuyant sur l'organisation de leurs structures respiratoires précédemment vues, émettez une hypothèse expliquant au moins pour partie une différence de niche écologique entre les deux espèces. Justifiez votre réponse.

Réponse à la question I-B-2

L'internalisation des structures respiratoires confère une meilleure résistance à la dessiccation de l'espèce 2 par rapport à l'espèce 1.

L'espèce 2 pourrait vivre dans des habitats un peu plus secs. La niche écologique des deux espèces pourrait ainsi différer spatialement à petite échelle.

Sur ce type de question en lien avec l'écologie, un certain nombre de candidats raisonnent en partant de leurs connaissances théoriques et non de l'observation du réel.

II- Reconstruction de la phylogénie des isopodes

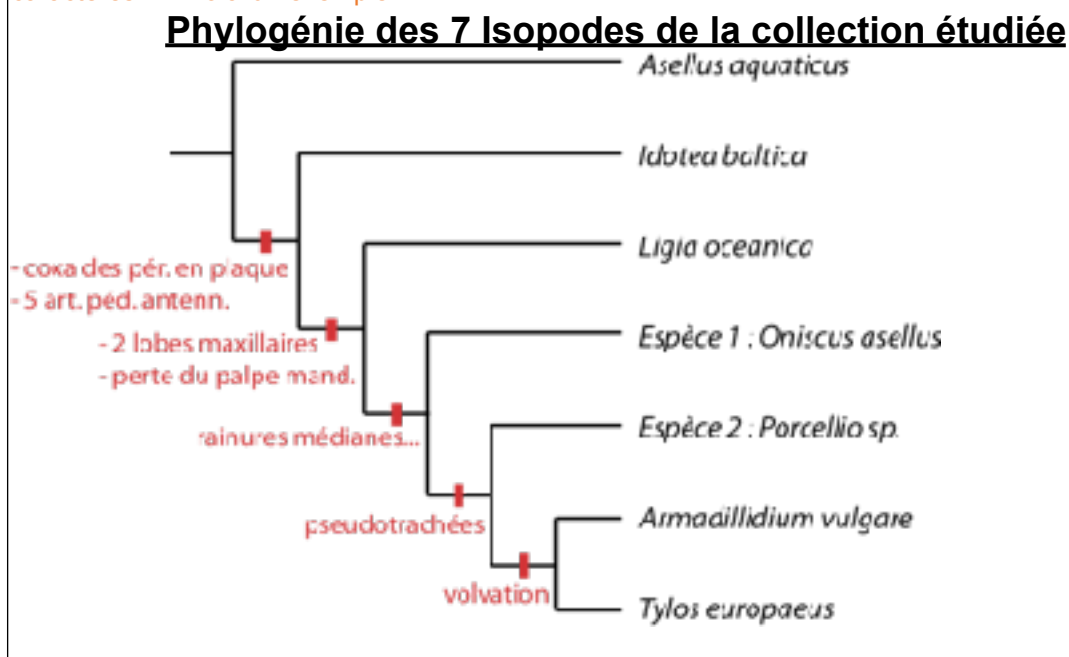
II-A Reconstruction par une méthode cladistique

II-A-1-a La reconstruction phylogénétique proposée ici porte sur une collection de 7 espèces d'Isopodes représentatives d'une partie de la diversité du groupe. *Parapseudes* sp. est un Amphipode. La figure IIA1 est une matrice taxons/caractères remplie grâce à l'observation minutieuse des organismes, et incluant les espèces 1 et 2 identifiées en I.

Reconstruisez une phylogénie de la collection étudiée à partir de la matrice par la méthode cladistique et placez-y les hypothèses de transformation des caractères.

Réponse à la question II-A-1-a

Le candidat devait ici proposer un arbre parcimonieux possible, soutenu par des états dérivés de caractères. En voici un exemple :



II-A-1-b Détaillez de manière synthétique les étapes du raisonnement permettant de comprendre la construction de cet arbre par la méthode cladistique : vous pourrez coder la matrice en utilisant une légende appropriée.

Réponse à la question II-A-1-b

- **Identification du groupe externe** : *Parapseudes* sp. Tous ses états de caractères sont par définition à l'état ancestral.

- **Polarisation des caractères** : tous les états de caractères similaires à ceux du groupe externe sont à l'état ancestral, tous les états de caractères différents de ceux du groupe externe sont à l'état dérivé.

- **Constitution de groupes monophylétiques sur la base du partage de caractères à l'état dérivé, partagés de manière exclusive** (constitués par exemple du groupe le plus inclusif au groupe le plus exclusif).
- **Application du principe de parcimonie** pour la constitution des groupes : le choix minimisant le nombre d'hypothèses est toujours privilégié compte-tenu du jeu de données.

		<i>Parapseudes</i> <i>sp.</i>	Espèce 1	Espèce 2	<i>Armadillidium</i> <i>vulgare</i>	<i>Asellus</i> <i>aquaticus</i>	<i>Idotea</i> <i>baltica</i>	<i>Ligia</i> <i>oceanica</i>	<i>Tylos</i> <i>europaeus</i>
1	Capacité de volvation (capacité à se rouler en boule)	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui
2	Forme des coxa des péréopodes	anneau	plaque	plaque	plaque	anneau	plaque	plaque	plaque
3	Nombre d'articles des antennules	≥1	≥1	≥1	≥1	≥1	≥1	≥1	1
4	Nombre d'articles du pédoncule antennaire	6	5	5	5	6	5	5	5
5	Nombre de lobes des maxilles	3	2	2	2	3	3	2	2
6	Palpe sur la mandibule	Présent	Absent	Absent	Absent	Présent	Présent	Absent	Absent
7	Pédoncule oculaire	Présent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
8	Position de l'anus sur le pléotelson	subterminale	subterminale	subterminale	subterminale	subterminale	proximale	subterminale	subterminale
9	Pseudotrachées	Absentes	Absentes	Présentes	Présentes	Absentes	Absentes	Absentes	Présentes
10	Rainures médianes sur l'article distal des endopodites du pléopode 2 des mâles	Absentes	Présentes	Présentes	Présentes	Absentes	Absentes	Absentes	Présentes
11	Soudure des apophyses génitales entre elles	Absente	Présente	Présente	Présente	Absente	Absente	Absente	Absente
12	Vésicule spermatique sur le pléopode 2 du mâle	Absente	Absente	Absente	Absente	Présente	Absente	Absente	Absente
13	Pseudotrachées à un spiracle	Absentes	Absentes	Présentes	Présentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absente s
14	Pseudotrachées à plusieurs fentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes	Absentes	Présentes

Figure II A1 : Matrice taxons/caractères

Légende des éventuelles modifications apportées par le candidat : cases blanches : états ancestraux ; cases jaunes : états dérivés ; rayé informatifs ; rayé rouge : caractère annulé suite à la question II-A-2 ; en rouge : caractères ajoutés suite à II-A-2

II-A-2 On compare l'organisation des pseudo-trachées de l'espèce 2 (figures IB1 et IB2) et de *Tylos europaeus* (figure IIA2).

II-A-2-a En quoi cette comparaison remet-elle en question l'hypothèse d'homologie primaire faite sur les pseudo-trachées dans la matrice II-A-1 ? Justifiez soigneusement votre réponse.

Réponse à la question II-A-2-a

Les pseudo-trachées de l'espèce 2 (*Porcellio sp.*) se trouvent dans les parties externes des exopodites. Elles forment une arborescence s'ouvrant par un seul spiracle s'ouvrant sur le bord.

Les pseudo-trachées de *Tylos europaeus* concernent tout l'exopodite. Ce sont des replis s'ouvrant chacun par une fente.

Ces pseudotrachées n'ont donc pas la même architecture et ne sont pas connectées à l'exopodite de la même manière. Il s'agit donc très probablement d'homoplasies et non d'homologies remettant en question leur utilisation comme telles dans la matrice.

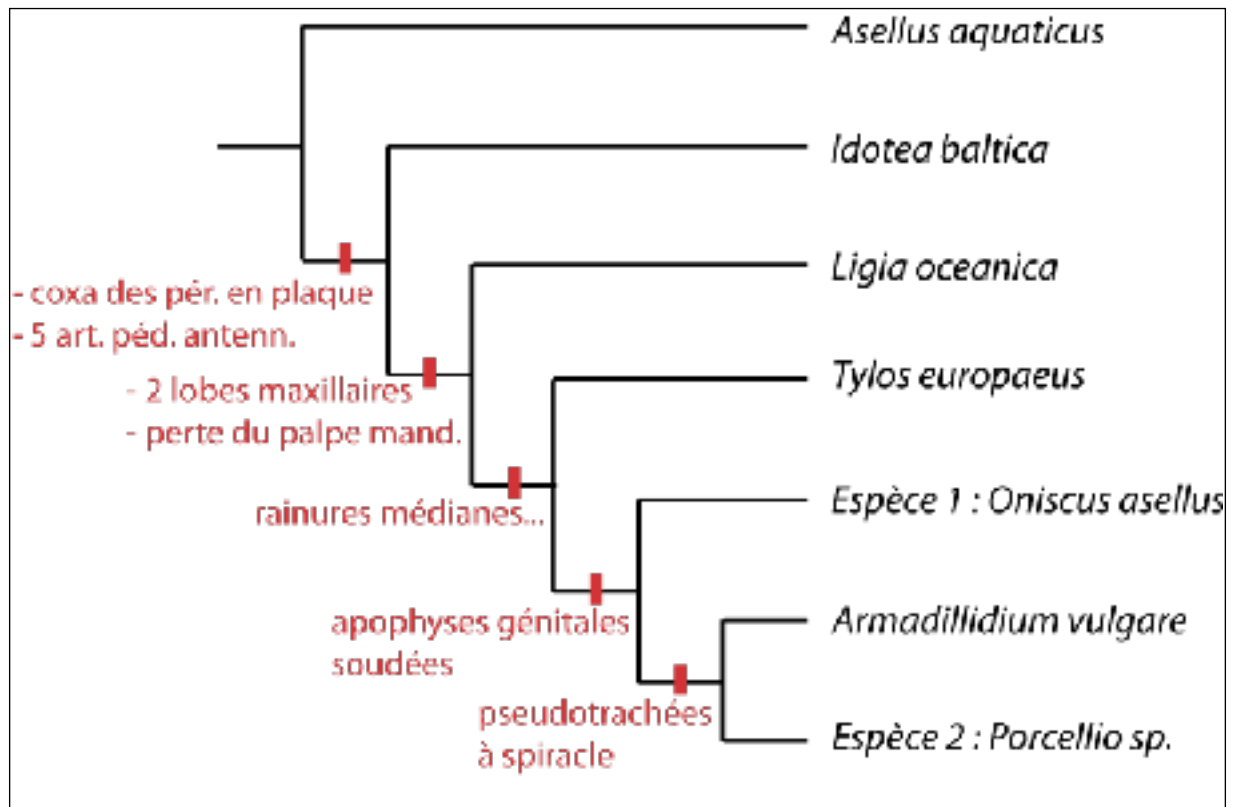
II-A-2-b Sachant que l'organisation des pseudo-trachées d'*Armadillidium vulgare* est en tout point comparable à celle de l'espèce 2, proposez un nouveau codage du caractère pseudo-trachées dans la matrice IIA1. Vous pourrez notamment utiliser l'une ou les deux lignes restées vierges en bas du tableau.

Reconstruisez un nouvel arbre phylogénétique par la même méthode en intégrant les modifications apportées à la matrice.

Réponse à la question II-A-2-b

Le candidat devait ici proposer un arbre parcimonieux possible, soutenu par des états dérivés de caractères. En voici un exemple :

Phylogénie des 7 Isopodes de la collection étudiée
reconstruite à partir de la nouvelle matrice



II-A-2-c Comparez l'interprétation du caractère « volvation » entre les deux arbres.

Réponse à la question II-A-2-c

Arbre 1 : la volvation est une synapomorphie (homologie secondaire) du clade *Armadillidium* + *Tylos*

Arbre 2 : la volvation est une homoplasie pour *Armadillidium* et *Tylos* (convergence évolutive).

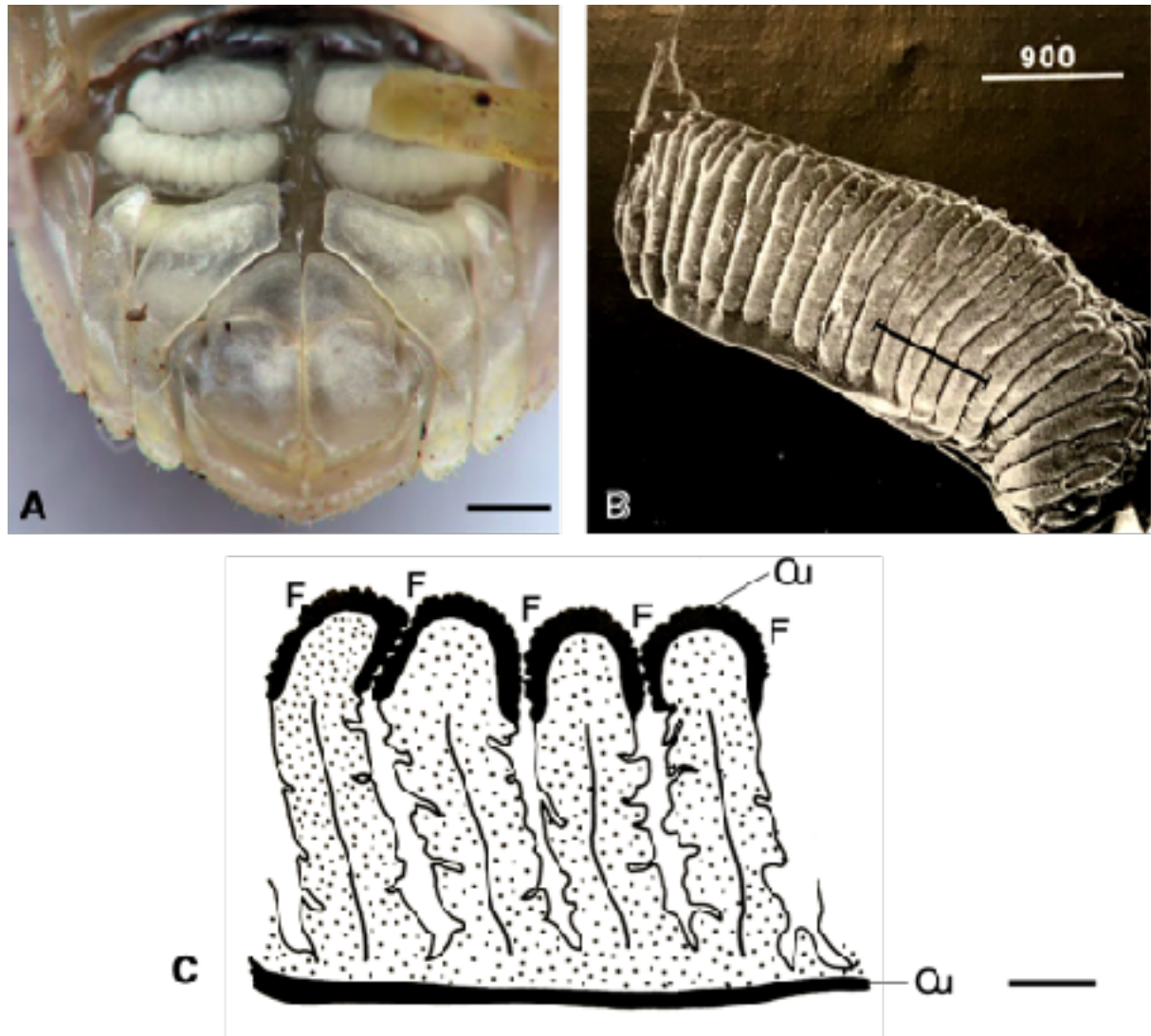


Figure IIA2 - Pseudotrachées chez *Tylos europaeus*

(A) Vue ventrale du pléon ; barre d'échelle = 1mm.

(B) Vue ventrale de l'exopodite d'un pléopode 1, 2, 3 ou 4, la barre noire indique le plan de coupe de C ; barre d'échelle = 900µm. (C) Schéma interprétatif d'une coupe d'exopodite, face ventrale vers le haut ; F : fente d'une pseudo-trachée ; Cu : cuticule épaisse ; barre d'échelle = 200µm.

(A, d'après www.insectes.org ; B et C modifiés, d'après Hoese, 1983)

II-B Reconstruction par des méthodes probabilistes

L'arbre phylogénétique de la figure IIB a été reconstruit par inférence bayésienne, une méthode probabiliste. Les caractères utilisés dans cette étude sont des séquences nucléotidiques.

II-B-1 Donnez le principe général et l'intérêt des méthodes probabilistes dont l'inférence bayésienne fait partie.

Les méthodes probabilistes sont fondées sur le concept de vraisemblance, qui est la probabilité conditionnelle d'observer les données sous un modèle particulier.

Les méthodes probabilistes sont les seules capables de coupler l'inférence des modalités évolutives des séquences moléculaires avec la reconstruction de la phylogénie. La capacité de ces méthodes à incorporer les progrès réalisés dans la modélisation de l'évolution des séquences permet d'obtenir des inférences statistiques de plus en plus fiables (robustesse).

Cette dernière sous-partie IIB n'a été traitée que par un nombre réduit de candidats. Elle a été par ailleurs discriminante chez les candidats l'ayant traitée.

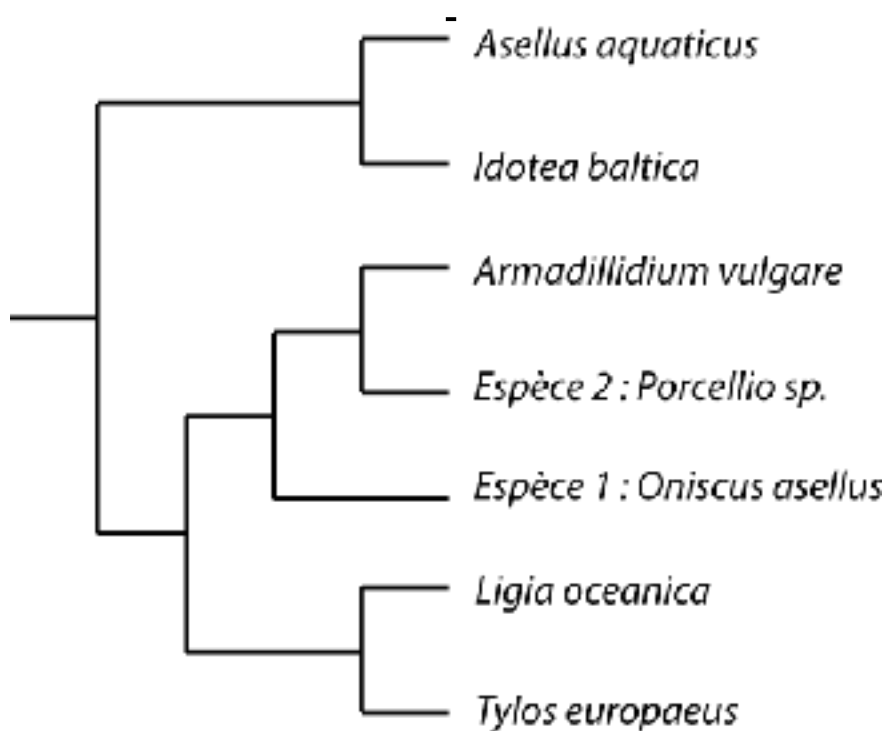
II-B- 2 Repérez dans cet arbre les 7 espèces d'Isopodes étudiées en II-A (soulignées sur la figure IIB). Représentez leurs liens de parenté d'après cette étude sous forme d'un arbre phylogénétique.

Réponse à la question II-B-2

Il s'agissait ici d'extraire les 7 espèces d'intérêt et leurs relations de parenté à partir de l'arbre complet fourni en format A3.

Phylogénie des 7 Isopodes d'après IIB

Il s'agissait ici d'extraire les 7 espèces d'intérêt et leurs relations de parenté à partir de l'arbre complet fourni en format A3.



II-B-3 Décrivez les différences entre cet arbre et celui représenté en II-A-2-b. Peut-on privilégier l'un des deux arbres, et pourquoi ?

Idotea baltica

Armadillidium vulgare

Espèce 2 : Porcellio sp.

Espèce 1 : Oniscus asellus

Ligia oceanica

Tylos europaeus

II-B-3 Décrivez les différences entre cet arbre et celui représenté en II-A-2-b. Peut-on privilégier l'un des deux arbres, et pourquoi ?

Réponse à la question II-B-3

Les liens de parenté représentés ne sont pas les mêmes. Exemple : en II-A-2-b, *Asellus aquaticus* est frère de tous les autres alors que dans cet arbre *Asellus aquaticus* est frère d'*Idotea baltica*.

On peut privilégier le deuxième arbre dans la mesure où il est avec un nombre construit avec un nombre de caractères beaucoup plus important.

Les candidats ayant affirmé qu'on privilégiait le deuxième arbre « parce que c'est une phylogénie moléculaire et qu'elle est beaucoup plus précise » n'ont bien sûr pas été valorisés.

II-B-4 A partir de la figure IIB et des informations qui y sont apportées sur les différentes espèces, proposez le (ou les) scénario(s) évolutif(s) le(s) plus probable(s) présentant les changements de milieu de vie chez les Isopodes. Vous pourrez apporter des modifications à la figure IIB avec une légende précise.

Réponse à la question II-B-4

Il s'agissait ici de proposer le (ou les) scénario(s) le(s) plus parcimonieux pour retracer les changements de vie au cours de l'histoire évolutive des Isopodes. On pouvait envisager des convergences ou des réversions.

Peu de candidats ont répondu à cette question et aux deux suivantes.

II-B-5 Ce scénario serait-il différent avec l'arbre de II-B-2 ? Quel biais est ainsi mis en évidence pour la reconstruction d'un scénario évolutif ?

Réponse à la question II-B-5

Par exemple, l'arbre II-B-2 permet d'envisager un seul passage de la vie aquatique à la vie terrestre.

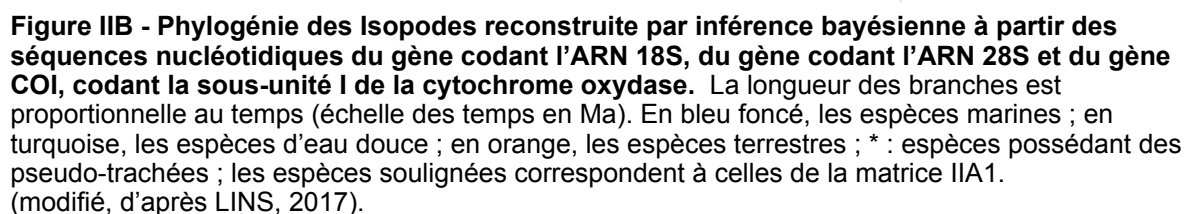
Cela met en évidence un biais d'échantillonnage : un arbre réalisé à partir d'un nombre réduit d'espèces conduit à une histoire évolutive tronquée.

II-B-6 D'après l'arbre, les pseudo-trachées peuvent-elles être considérées comme une adaptation au milieu terrestre ? Justifiez votre réponse.

Réponse à la question II-B-6

Les pseudotrachées ne sont pas des synapomorphies des clades terrestres. Cela signifie qu'elles sont apparues postérieurement à la vie terrestre donc elles ne peuvent être considérées comme des adaptations « à la vie terrestre ».

Elles pourraient par contre constituer des adaptations à des milieux plus secs en milieu terrestre sous réserve de tests réalisés sur la valeur sélective associée à ce trait.



14

Partie II : Etude de la plasticité phénotypique d'*Hygrophila difformis* et son contrôle

Hygrophila difformis est une Angiosperme semi-aquatique de la famille des Acanthacées.

Appréciée par les aquariophiles pour son caractère esthétique et sa facilité d'entretien, on la retrouve à l'état naturel dans des habitats marécageux au Bangladesh, au Bhoutan, en Inde et au Népal.

On se propose ici d'identifier certains caractères phénotypiques variables suivant le milieu de vie (émergé ou immergé) de cette plante, et d'en rechercher des facteurs de contrôle.

I- Etude morpho-anatomique comparée des formes immergée et émergée d'*Hygrophila difformis*

I-A Aspect général de l'appareil caulinaire

A partir de l'observation à l'œil nu et à la loupe de l'appareil caulinaire de plants d'*H.difformis* cultivés sous l'eau et hors de l'eau, vous dégagerez les caractères qui diffèrent entre les deux plants, en précisant si un lien peut être fait avec le milieu de vie, et vous proposerez des quantifications envisageables pour ces paramètres. Votre réponse s'appuiera sur le(s) illustration(s) que vous jugerez utile(s).

Pour cette question, aucune manipulation particulière n'est demandée.

Réponse à la question I-A

Le candidat pouvait relever quelques différences :

- Feuilles découpées en milieu aquatique et non en milieu terrestre. Lien possible avec les échanges de matière. Quantification possible du rapport S/V.
- Tiges aériennes autoportantes vs non pour les tiges aquatiques (qui s'affaissent quand on les sort de l'eau). Lien avec milieu aérien non porteur vs milieu aquatique porteur. Quantification possible de la surface occupée par les tissus de soutien en coupe transversale.
- Tige aérienne avec trichomes vs sans en milieu aquatique. Lien possible avec la résistance aux phytophages en milieu aérien. Tout ou rien : pas de quantification.
- Tige aérienne rouge vs aquatique verte. Lien avec la photoprotection en milieu aérien (en milieu aquatique, on a le rôle de filtre de l'eau).
- Couleur plus foncée de la forme aérienne par rapport à la forme aquatique. Différences d'équipement pigmentaire en lien avec une qualité spectrale différente dans les deux milieux. Possibilité de confronter un spectre de la lumière dans les deux milieux à un spectre d'absorption d'extraits de pigments.

I-B Caractérisation anatomique des tiges

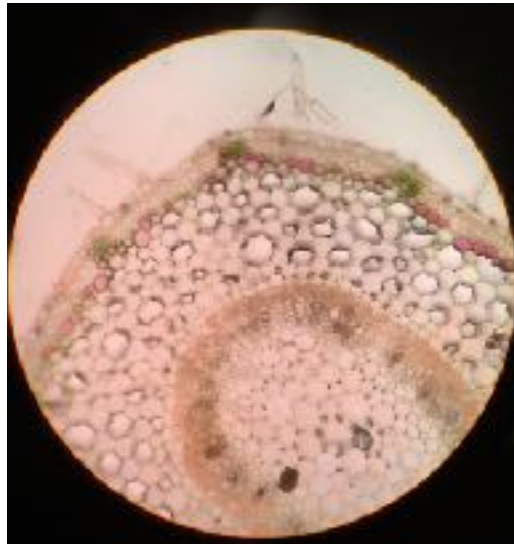
Réalisez des coupes transversales de tiges d'*H.difformis* terrestre et aquatique colorées ou non à la phloroglucine chlorhydrique (15 minutes de coloration dans le phloroglucinol, suivies d'un bain de

quelques minutes dans l'acide pour la révélation), dont vous rappellerez l'intérêt en analyse histologique. Présentez vos résultats et commentez-les. Des schémas anatomiques comparés sont attendus.

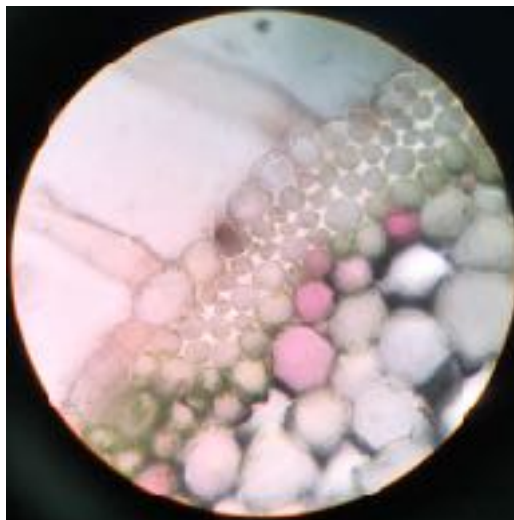
Appelez l'examineur une fois que vous avez répondu à cette question. Vous lui présenterez vos observations.

Réponse à la question I-B

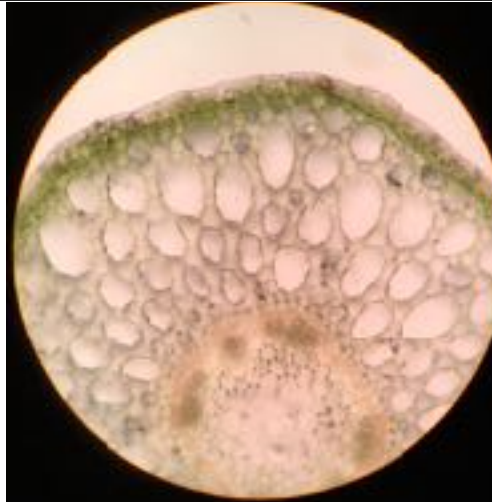
La phloroglucine chlorhydrique révèle de façon spécifique la lignine. Cette réaction peut être réalisée sur des tranches relativement épaisses de tissus ; elle permet alors d'apprécier à l'œil nu la localisation des tissus lignifiés.



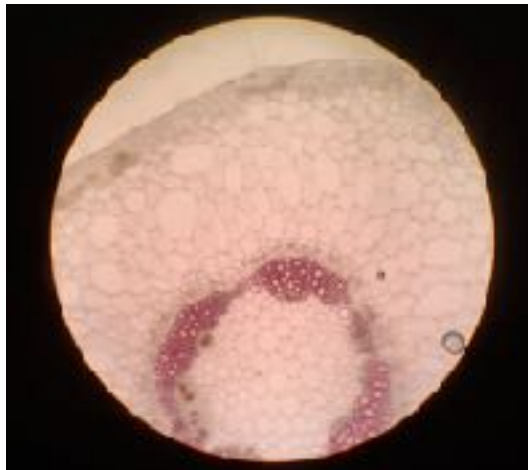
Forme émergée sans coloration



Zoom de la périphérie chez une forme émergée sans coloration



Forme immergée sans coloration



Forme émergée coloration phloroglucine



Forme immergée coloration phloroglucine

Des conclusions possibles :

- collenchyme plus développé pour les tiges aériennes (nombre d'assises et épaissement des parois). Fibres sclérenchymateuses peu ou pas développées dans la forme aquatique : cf interprétation en I-A
- xylème plus développé dans la forme aérienne (tissus primaires et secondaires) que dans la partie aquatique (xylème primaire uniquement) : lien possible avec le soutien et la nutrition hydrominérale par toute la surface chez la forme aquatique.
- trichomes bien confirmés par l'observation microscopique ; cf question I-A
- lacunes aérifères dans les deux cas mais interprétation un peu différente. Partie aérienne : racines en milieu hypoxique. Les lacunes permettent une alimentation correcte des parties souterraines via les parties aériennes. Partie aquatique : les lacunes permettent de constituer des réserves de gaz dans un milieu où les gaz dissous peuvent être limitants tout autour de la plante.

I-C Caractères foliaires

I-C-1 Répartition des stomates et densité stomatique

I-C-1-a En utilisant la technique de votre choix (matériel disponible : scotch, vernis transparent, transparent millimétré), quantifiez la densité stomatique d'une feuille de la forme émergée. **Appelez le correcteur une fois que vous avez répondu à cette question. Vous lui présenterez vos observations et vos résultats.**

Réponse à la question I-C-1-a

Il s'agissait, à partir des observations microscopiques, de décompter le nombre de stomates dans un champ d'observation et de calculer la surface de ce dernier (à l'aide du transparent millimétré) pour donner une densité stomatique exprimée en nombre de stomates par mm².

Il fallait répéter la manipulation pour comparer faces supérieure (adaxiale) et inférieure (abaxiale).

De belles observations ont été obtenues, que ce soit avec le vernis ou avec le scotch. En revanche, peu de candidat montrent à l'examineur les deux faces testées et utilisent le papier millimétré pour quantifier la densité stomatique.

La figure IC1 compare les faces abaxiale et adaxiale des feuilles immergées.

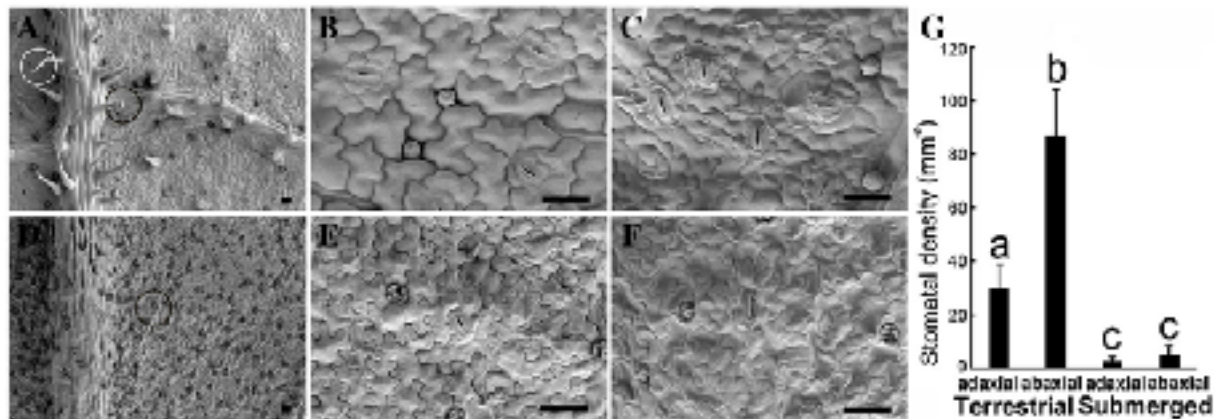


Figure IC1 : Electronographies (MEB) des faces abaxiales (A, C, D, I) et adaxiales (B, E) de feuilles de plant terrestre (A, B, C) et de plant aquatique (D, E, F). Chaque barre d'échelle représente 50 μm . Le cercle blanc repère un trichome non glandulaire, les cercles noirs des trichomes glandulaires.

G : Densité stomatique en fonction de la face observée. Les mesures ont été réalisées sur 10 surfaces de 0.15 mm² pour chaque condition. Les barres représentent les écarts-types. a, b et c notifient les valeurs significativement différentes (test t de Student ; $p < 0.05$).

(d'après Li et al., 2017)

I-C-1-b Expliquez en quoi la figure IC1 complète vos résultats. Exploitez ce document pour établir une comparaison des plants aquatique et terrestre.

Réponse à la question I-C-1-b

Ce document permettait :

- d'une part de confirmer statistiquement les résultats ponctuels obtenus à la question précédente (significativement plus de stomates sur la face inférieure que sur la face supérieure, à mettre en lien avec la limitation de la perte d'eau en milieu terrestre).

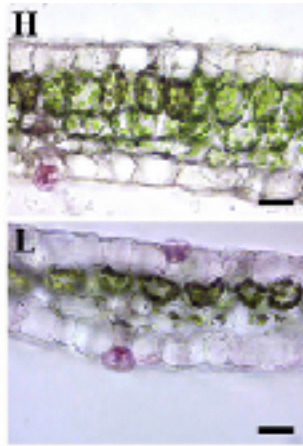
- d'autre part de comparer ces résultats avec ceux d'une forme immergée. Cette dernière présente peu de stomates par rapport à la forme terrestre mais on constate cependant aussi une différence entre les deux faces.

La forme aquatique pourrait pratiquer ses échanges gazeux par l'ensemble de sa surface et non uniquement à travers les stomates.

I-C-2 Forme de la feuille et rapport surface/volume (S/V)

La figure IC2 montre des observations microscopiques de coupes de feuilles émergées et

Figure IC2 : Micrographies de coupes transversales de feuilles de plant terrestre (H) et de plant aquatique (L). Chaque barre d'échelle représente 0.1 mm. Chaque coupe est présentée en position biologique (face supérieure vers le haut).



immergées.

I-C-2-a En utilisant le document IC2 et le logiciel Mesurim, évaluez, en explicitant les mesures et les calculs faits, le rapport S/V pour les deux types de feuilles (photos des feuilles et fiche technique fournies pour Mesurim). Vous mentionnerez les sources d'imprécisions dans votre méthode.

Appelez le correcteur une fois que vous avez répondu à cette question. Vous lui présenterez vos observations et vos résultats sur l'écran (une image traitée avec mesures apparentes).

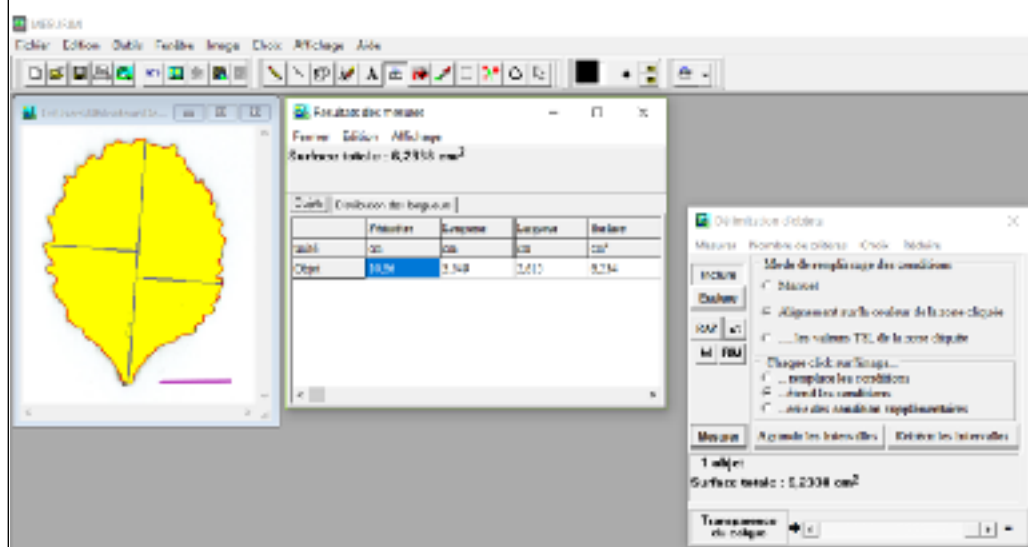
Réponse à la question I-C-2-a

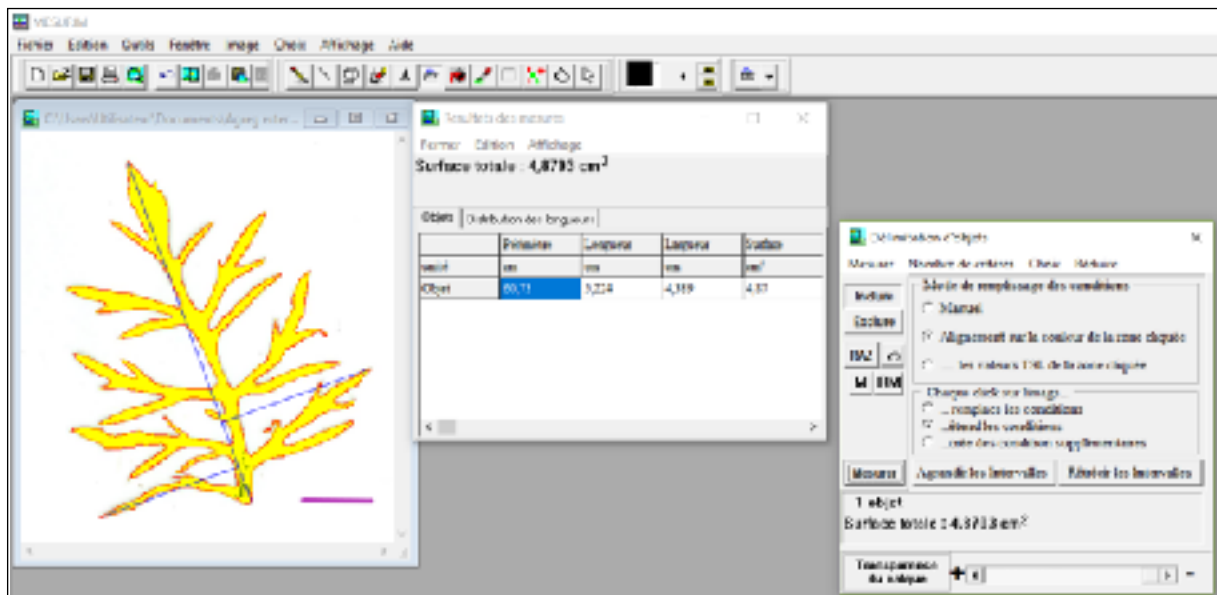
Le document IC2 permettait de calculer l'épaisseur réelle des feuilles (au niveau de leur centre) et Mesurim fournissait un outil de mesure de la surface foliaire à partir d'une photo de feuille. Ce logiciel fait partie des outils classiquement utilisés par les professeurs de SVT.

Le produit de l'épaisseur par la surface d'une face de la feuille donnait le volume, sous l'hypothèse que la feuille est d'épaisseur constante (ce qui est une première approximation et donc source d'imprécision).

Pour la surface, une première approximation était de considérer la somme des deux surfaces (face inférieure + face supérieure). Un calcul plus précis pouvait être d'ajouter à cela la surface de la tranche de la feuille (périmètre foliaire * épaisseur en modélisant la feuille comme un « pavé »).

Les candidats devaient montrer au jury ce type de résultats sur écrans :





Calcul du volume en appliquant $V = S(\text{face sup}) * e$: on trouvait pour la feuille émergée $V = 0.27 \text{ cm}^3$ et pour l'autre $V = 0.18 \text{ cm}^3$

$S/V = 48 \text{ cm}^{-1}$ pour feuille émergée et $S/V = 66 \text{ cm}^{-1}$ pour feuille immergée, dans le cas d'un calcul qui intégrait la surface de la tranche.

Pour cette question, bon nombre de candidats ne suivent pas la fiche technique proposée et n'obtiennent pas une quantification satisfaisante sur Mesurim.

D'autres candidats, qui ont obtenu des valeurs chiffrées satisfaisantes, n'aboutissent pas à un calcul correct du rapport, à cause d'erreurs étonnantes (problèmes de conversions entre unités ou encore estimation de la surface foliaire par la seule surface mesurée sur le logiciel correspondant à la surface d'une seule face). L'unité associée est de plus rarement explicitée.

I-C-2-b Commentez vos résultats et identifiez les paramètres foliaires en jeu dans la variation de ce rapport S/V.

Réponse à la question I-C-2-b

D'après question précédente, le rapport S/V est supérieur pour la feuille aquatique, ce qui peut être interprété comme la possibilité d'échanges importants sur l'intégralité de la surface foliaire sous l'eau sans contrainte d'économie d'eau.

En négligeant la surface de la tranche, $S/V = 2/e$ donc pour raisonner sur S/V, il nous suffit de connaître l'épaisseur e.

S/V augmente de façon proportionnelle à la diminution de e dans cette hypothèse simplifiée.

Cependant, la surface de la tranche n'étant pas forcément négligeable (voir plus haut), le découpage de la feuille (qui augmente la surface de la tranche) augmente S/V.

La forme très découpée de la feuille aquatique pourrait être liée à un fort rapport S/V (autre hypothèse possible : forme adaptée dans un milieu à hydrodynamisme fort : limite la résistance à l'écoulement et la pression exercée sur les tissus).

II- Plasticité morpho-anatomique d'*Hygrophila difformis* lors d'un changement de milieu et recherche facteurs de contrôle.

II-A Quantification des variations observées.

La figure IIA montre des photos de feuilles formées sur des plantes transférées d'un environnement aquatique à un environnement terrestre, ou vice versa.



Figure IIA : Etude morphologique des feuilles d'*Hygrophila difformis* formées après changement de milieu.

D à H : feuilles successives (nœuds 10 à 6) d'un plant terrestre transféré dans un milieu aquatique (placées dans l'ordre de la formation des feuilles depuis le transfert de milieu).

I à M : même étude pour un plant aquatique transféré dans un milieu terrestre.

Barre d'échelle : 1 cm. (d'après Li et al., 2017)

Justifiez l'emploi du terme « plasticité phénotypique » pour *Hygrophila difformis*. Proposez un indicateur permettant de quantifier les variations visibles de la formation des feuilles lors d'un changement de milieu.

Réponse à la question II-A

On observe une variation de morphologie foliaire réversible (accompagnée peut-être d'une variation anatomique comme la densité stomatique) sur un même pied, suite à une modification du milieu. On ne peut donc pas parler de phénomène adaptatif, mais plutôt de plasticité du phénotype en fonction du milieu, correspondant à des variations des mécanismes de phyllogenèse.

On constate un découpage de la feuille plus marqué en milieu aquatique qu'en milieu aérien. Plusieurs marqueurs quantitatifs de ce caractère peuvent être proposés (en prenant garde que cet indicateur permette de tenir compte de l'âge et donc de la taille de la feuille) :

- * périmètre total de la feuille rapporté à sa masse ou à sa surface

- * longueur cumulée des échancrures ramenée à la masse de la feuille ou à sa surface

La plupart des candidats proposent de retenir le rapport S/V, en lien avec les questions précédentes, alors que leur modèle ne permet de faire un lien qu'entre S/V et e, et non, avec le découpage des feuilles.

II.B- Influence des variations de l'hygrométrie

La figure II-B montre les résultats d'expériences menées sur *H.difformis*.

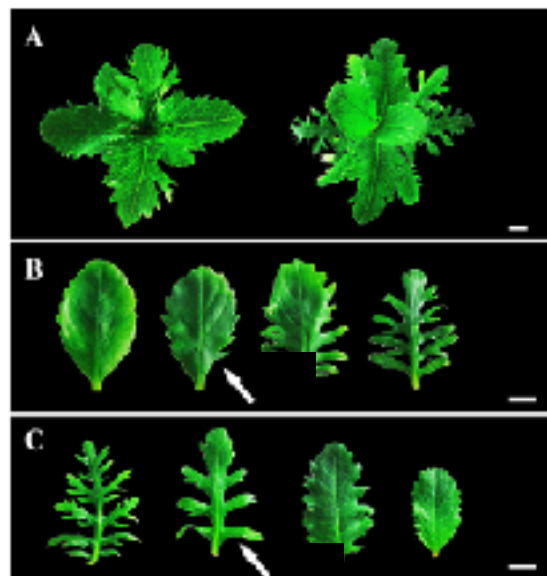


Figure II-B Evolution de la morphologie foliaire lors de modifications de la teneur en eau du milieu.

A- Vue globale de l'appareil foliaire de *H.difformis* de forme terrestre pour un taux d'humidité relative augmenté de 30% à 60% (à gauche) ou abaissé de 60% à 30% (à droite).

B- Photographies des différentes feuilles (de la plus âgée à gauche à la plus jeune à droite) de la forme terrestre transférée d'un taux d'humidité relative de 30% à 60%.

C- Même chose pour un taux passant de 60% à 30%.

La barre d'échelle représente 1 cm. (d'après Li *et al.*, 2017)

A partir de l'analyse de la figure II-B, résumez l'effet de l'humidité relative sur les variations morphologiques foliaires.

Réponse à la question II-B

On constate ici que des variations d'humidité relative de +/- 30% suffisent à modifier l'aspect des feuilles (transition foliaire) comme une variation totale d'immersion/émersion le fait. On constate donc que le stimulus perçu par le végétal est bien l'eau, que ce soit sous forme liquide ou gazeuse.

II.C- Déterminisme du contrôle de la transition foliaire

Des études portant sur d'autres modèles qu'*Hygrophila* ont montré l'importance de certaines phytohormones (acide abscissique, éthylène, gibbérelline) sur la transition foliaire.

Des chercheurs ont donc testé l'influence de ces phytohormones sur la morphologie d'*H.difformis*.

La figure II-C-1 présente certains de leurs résultats.

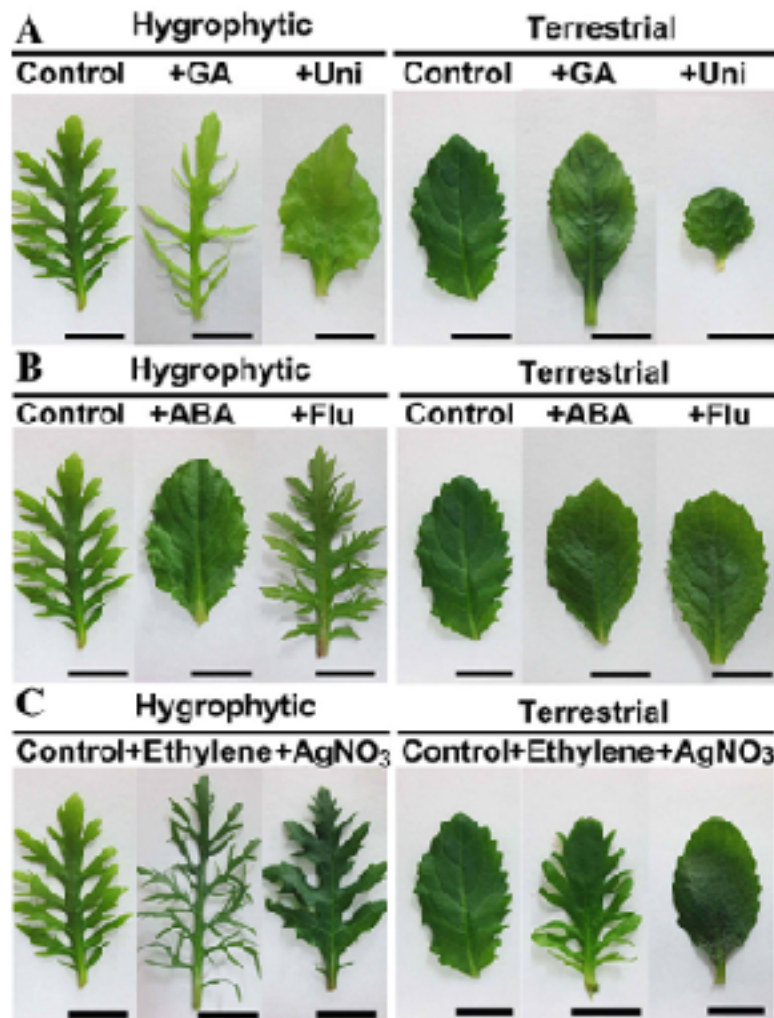


Figure II-C-1 : Effets de l'application de phytohormones sur la morphologie foliaire de *H.difformis*.

A à C- Effets de l'application de diverses phytohormones (gibérelline GA, acide abscissique ABA et éthylène) ou d'inhibiteurs respectifs (uniconazole Uni, fluridone Flu et nitrate d'argent AgNO₃) sur la morphologie foliaire des formes émergée (terrestre) ou aquatique (hygrophytique). Plantes traitées pendant 1.5 mois, feuilles P6. La barre d'échelle représente 1 cm. (d'après Li et al., 2017)

Analysez la **figure II-C-1**.

Réponse à la question II-C-1

On constate visuellement, et en l'absence de quantification précise, que les trois hormones végétales testées ont un effet sur la transition foliaire, mais pas de façon équivalente.

- **la gibbérelline** augmente le découpage de la feuille mais uniquement en conditions d'immersion, ce qui laisse supposer l'existence d'autres molécules dans cette voie de signalisation dont la présence est dépendante de la quantité d'eau, ou bien d'une inhibition de cette voie en condition de sécheresse.

L'action drastique de l'inhibiteur de GA, qui annule tout découpage foliaire en milieu aquatique, montre que la gibbérelline (intrinsèque et extrinsèque) est à l'origine d'une (ou de) voie(s) de signalisation expliquant la totalité du découpage.

- **l'ABA** inhibe quant à lui le découpage foliaire en condition aquatique, sans avoir d'effet notable en milieu aérien. On peut émettre l'hypothèse que l'ABA inhibe la voie médiée par la GA.

- l'éthylène a une action encore différente : sa présence en milieu aquatique comme en milieu aérien augmente le découpage foliaire. En revanche, l'emploi de son inhibiteur n'annule pas tout découpage : il existe une voie de morphogenèse foliaire indépendante de l'éthylène ou bien sous la dépendance d'une autre molécule de signalisation, en parallèle (la GA ?).

II-C-2 On appelle indice de dissection (ID) le rapport (longueur périphérique de la feuille)/(racine carrée de la surface foliaire). Il est trois à quatre fois plus élevé sur une feuille d'un plant immergé que sur une feuille d'un plant émergé (même nœud comparé).

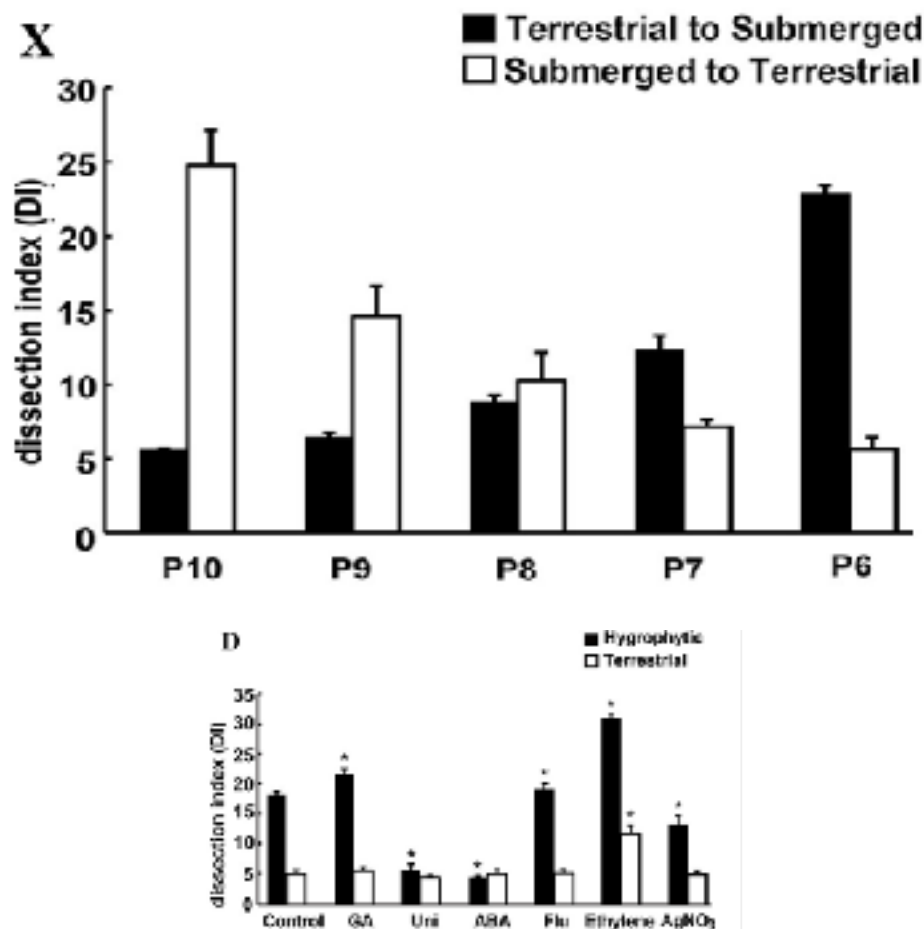


Figure II-C-2 : Mesure de l'indice de dissection pour les feuilles formées successivement (nœuds 10 à 6) lors d'un changement de milieu en haut) et index de dissection des feuilles P6 de plants traités avec des phytohormones ou des inhibiteurs (en bas). Un astérisque repère une moyenne (sur 3 feuilles P6) significativement différente du témoin (test de Student t, $p < 0.05$). (d'après Li et al., 2017)

Indiquez l'intérêt de la représentation de la figure II-C-2 par rapport aux résultats présentés dans la figure II-C-1 et concluez.

Réponse à la question II-C-2

L'indice de dissection permet de quantifier l'importance du découpage foliaire et de l'objectiver.

Ces résultats permettent donc de compléter les résultats précédents en les précisant et en les quantifiant. Il donne aussi un traitement statistique des observations préalablement faites sur un seul échantillon.

Enfin, il est possible ici de comparer des stades différents de développement d'un même plant changé de milieu (stade P6 à P10) et donc la dynamique de la transition foliaire.

On vérifie ici qu'un changement de milieu est à l'origine d'une transition significative dans la morphogenèse foliaire, effective sur les feuilles en cours de formation, mais progressive dans le temps (le phénomène n'est pas brutal au niveau du fonctionnement du méristème). Le changement de milieu n'interfère pas avec la forme des feuilles formées au moment du transfert.

Cette transition a lieu de façon symétrique lors d'un passage immergé → émergé ou inversement.

Les résultats du 2^{ème} graphe (emploi d'hormones végétales ou de leurs inhibiteurs) permettent de confirmer nos observations précédentes et d'affirmer qu'elles sont statistiquement significatives, sauf pour l'action de GA et ABA sur la forme terrestre, éventuellement relevées à la question précédente, et qui ne sont pas significatives.

La plupart des candidats qui ont traité ces deux dernières questions se sont limités à une simple description des résultats, sans tenter une interprétation biologique. Les rares candidats ayant proposé un modèle de contrôle ont été valorisés.

Partie III : Etude de réponses aux variations de salinité chez la Néréis, *Hediste diversicolor* (Annélides Errantia) et le crabe vert, *Carcinus maenas* (Malacostracés Décapodes)

La Néréis, *Hediste diversicolor*, est une Annélide largement répandue sur le littoral, capable de se maintenir dans des milieux à salinité variable tels que les bras de mer ou les estuaires : elle est dite euryhaline. Pour approcher les mécanismes sous-jacents, la masse de lots de Néréis soumis à des conditions différentes de salinité sera suivie au cours du temps.

I- Mise en place de l'expérience

I-A Préparation des différentes solutions d'eau de mer

A partir d'une solution d'eau salée, de salinité équivalente à l'eau de mer (35 g.L⁻¹), préparer 250 mL d'une solution diluée à 25 % (« eau de mer 25% ») et 250 mL d'une solution concentrée à 150% (« eau de mer 150% »).

Matériel à disposition : une solution de salinité équivalente à l'eau de mer (« eau de mer 100% »), de l'eau osmosée, du NaCl, des éprouvettes graduées à 250 mL.

Donnez de manière concise votre protocole pour obtenir les solutions à 25% et à 150% en indiquant bien les volumes utilisés et/ou les masses pesées le cas échéant.

Réponse à la question I-A

Pour la solution « eau de mer 25% » : dilution au ¼.

62,5 mL de la solution « eau de mer 100% » complétée à 250mL avec de l'eau osmosée.

Pour la solution « eau de mer 150% » :

Pour concentrer la solution à 35g.L⁻¹, il faut y ajouter 17,5 g.L⁻¹.

Pour 250 mL, il faut donc peser $17,5/4 = 4,38$ g de sel et ajuster à 250mL avec de « l'eau de mer 100% ».

Le jury constate beaucoup d'erreurs dans les calculs de dilution/concentration, ce qui est inadmissible à ce niveau.

I-B Constitution des trois lots de Néréis et démarrage des expériences

Les Néréis à disposition ont été maintenues à jeun pendant au moins 24h dans de l'eau de salinité équivalente à l'eau de mer.

Trois lots de trois Néréis vont être constitués et soigneusement pesés. Chacun des trois lots sera mis dans un cristalliseur avec de l'eau correspondant à une des trois conditions expérimentales : eau de mer 25%, 100% et 150%.

Sortir de l'eau trois animaux à l'aide d'une pince ou à la main en prenant soin de ne pas les blesser. Les poser sur du papier absorbant. Les sécher délicatement jusqu'à ce qu'elles n'imbibent plus le papier absorbant. Réaliser la pesée au mg près à l'aide d'une balance de précision et de la boîte de Pétri disposée à côté.

I-B-1 Remplissez soigneusement le tableau de valeurs IIA1.

Mettez le lot dans un cristalliseur correspondant à une condition expérimentale. Notez l'heure à laquelle le lot a été mis dans la solution. Procédez de la même manière pour les deux autres lots.

I-B-2 Quelles précautions particulières avez-vous prises lors de la constitution, du séchage et de la pesée des trois lots ? Justifiez soigneusement vos choix.

Réponse à la question I-B-2

Constitution des lots : écartement des individus abîmés, présentant une activité anormale ou des écarts de taille trop importants pour ne pas fausser les résultats ; constitution de lots sensiblement identiques dans une optique de comparaison.

Séchage : le séchage ne pouvant être total, normalisation du protocole pour que les valeurs puissent être comparées.

Séchage/pesée : minimisation des temps de séchage et de pesée qui risqueraient d'occasionner une déshydratation des individus et de fausser les résultats.

Sous réserve de solutions salines correctement réalisées, les manipulations associées à cette partie ont été réussies dans la majorité des cas avec des résultats bruts satisfaisants. Cependant, le jury

constate parfois un manque de rigueur opératoire en salle (tare des balances, temps de séchage des lots très différents...).

II- Résultats de l'expérience et exploitation

Les trois lots sont à nouveau pesés après 1h30 d'expérience.

II-A Analyse de vos résultats

II-A-1 Finissez de remplir le tableau suivant.

Tableau IIA1 :

Condition expérimentale	Masse du lot à t_0	Masse du lot à t_0+1h30
Eau de mer 25%		
Eau de mer 100%		
Eau de mer 150%		

II-A-2 Expliquez précisément l'intérêt de l'étude de l'évolution de la masse des lots de *Nereis* par rapport aux objectifs initiaux.

Réponse à la question II-A-2

L'étude de l'évolution de la masse permet d'approcher les flux nets d'eau et d'ions entre l'animal et son milieu. En supposant la masse liée aux ions négligeable devant celle de l'eau, une augmentation nette de la masse traduira une entrée nette d'eau dans l'animal dans l'intervalle de temps considéré et inversement.

Cette étude permet donc d'étudier le type de réponse physiologique de l'animal à des variations de salinité.

II-A-3 Proposez en la justifiant la meilleure manière d'exprimer les résultats de l'évolution de la masse dans les trois conditions afin de les comparer et de les interpréter. Remplissez soigneusement le tableau IIA3 (la deuxième colonne est laissée libre afin d'y renseigner l'expression finale des résultats choisie).

Réponse à la question II-A-3

Afin de comparer les résultats, il ne s'agit pas uniquement de regarder la variation de masse seule.

Deux possibilités au moins :

1 – Pourcentage de la masse initiale : $mf/mi \times 100$

2 – Pourcentage de variation de masse : $(mf-mi)/mi \times 100$; valeur > 0 : gain ; valeur < 0 : perte

Tableau IIA3

Condition expérimentale	% de masse initiale ou % de variation de masse
Eau de mer 25%	150% +/- 10% +50%
Eau de mer 100%	100% +/- 5% +0%
Eau de mer 150%	80% +/- 10% - 20%

II-A-4 Quelles différentes sources d'incertitudes faudrait-il considérer *a priori* pour analyser ces résultats ? Proposez le cas échéant des améliorations concrètes du protocole existant ou un/des protocole(s) complémentaire(s) pour approcher chacune d'entre elle.

Réponse à la question II-A-4

*** Sources d'incertitudes liées au mesures :**

- liées à la balance elle-même (donnée constructeur)
- liées au protocole (séchage non homogène, animaux laissés trop de temps à l'air libre)
- Protocole pour approcher ces incertitudes : répéter les mesures sur un même lot dans les mêmes conditions expérimentales.

*** Sources d'incertitudes inhérentes au matériel biologique :** tous les individus de Néréis, du fait de leur variabilité ou de contingences, ne réagissent pas de la même manière.

- Protocole pour approcher ces incertitudes : réalisation de répétitions. On soumet plusieurs lots différents aux mêmes conditions expérimentales.

Le traitement des résultats bruts ainsi que les facteurs d'incertitude liés aux manipulations réalisées font preuve d'un manque de recul expérimental qui devrait être travaillé par les candidats.

II-A-5 Les différences observées sont supposées significatives. Analysez les résultats en utilisant un vocabulaire adapté.

Réponse à la question II-A-5

Par rapport au témoin (eau de mer 100%), on observe d'importants pourcentages de variation de masse : gain de près de 50% dans l'eau de mer diluée et près de 20% dans l'eau de mer concentrée. Ces variations traduisent respectivement une entrée et une sortie nettes d'eau durant le temps de l'expérience.

Ces résultats s'expliquent par des phénomènes d'osmose : l'animal est iso-osmotique à l'eau de mer (pas de flux d'eau), hyper-osmotique à l'eau de mer diluée (l'eau entre et dilue le milieu intérieur), hypo-osmotique à l'eau de mer concentrée (l'eau sort et tend à diluer le milieu extérieur).

Aucun mécanisme régulateur ne semble s'opposer à ces flux en maintenant constant le milieu intérieur (ou du moins, ces mécanismes s'ils existent ne suffisent pas) : l'animal semble osmo-conforme durant cet intervalle de temps.

II-B Apport de données complémentaires

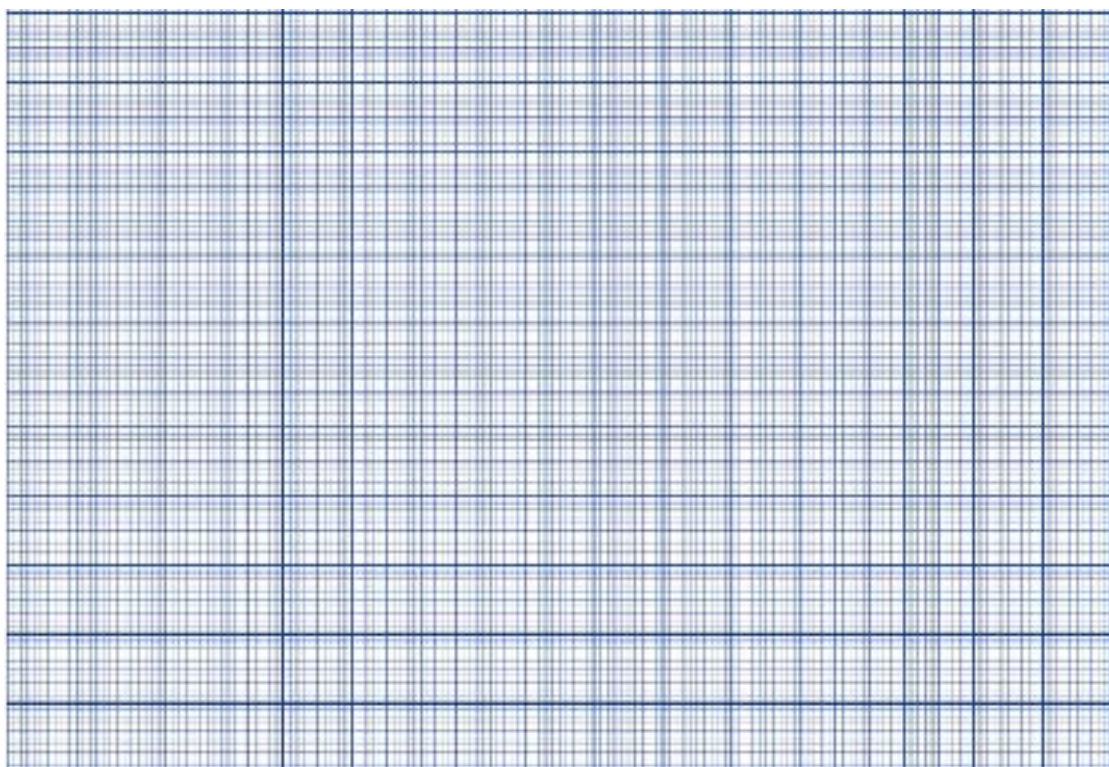
Une fois la question IIA traitée, appelez le jury pour demander les données complémentaires.

Tableau IIB (données complémentaires) : pourcentage du poids initial d'un lot de Néréis soumis à la condition « eau de mer 25% » (24°C) pour différents temps.

Temps de l'expérience (heures)	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	25	30	40	50
Pourcentage du poids initial (%)	100	140	165	140	135	130	125	123	122	120	118	115	112

II-B-1 A partir de ces données, tracez une courbe des variations de poids en fonction du temps sur le papier millimétré ci-dessous (graphique IIB) et proposez une analyse complémentaire de celle de II-A-5 (vous pourrez annoter le graphique tracé).

Graphique IIB



Réponse à la question II-B-1

Le document présenté est une cinétique pour la condition « eau de mer 25% ». Il permet de suivre la réponse physiologique au-delà de l'heure et demie de l'expérience précédente.

On observe une augmentation de la masse jusqu'à 5h (maximum) puis une diminution de cette masse pour atteindre pratiquement la masse initiale au bout de 50h.

Il y a donc bien une phase durant environ 5h durant laquelle les Néréis sont bien osmo-conformes puis d'autres mécanismes se mettent en place s'opposant à l'entrée d'eau dans le milieu intérieur et permettant même la sortie de cette eau jusqu'à retrouver la masse initiale : elles deviennent osmo-régulatrices.

III- Etude d'un autre modèle, le crabe vert

Le crabe vert ou crabe enragé, *Carcinus maenas*, est un Décapode répandu au stade adulte dans la zone intertidale rocheuse mais aussi dans les zones estuariennes. Après l'éclosion des œufs, les premiers stades sont planctoniques (stades zoé I à IV puis mégaloïde). La métamorphose de la larve mégaloïde conduit à un stade crabe I puis II, benthiques, qui gagnent le milieu de vie du juvénile puis de l'adulte.

III-A Analysez les deux graphiques des figures III-A1 et III-A2 en lien avec le mode de vie de l'espèce.

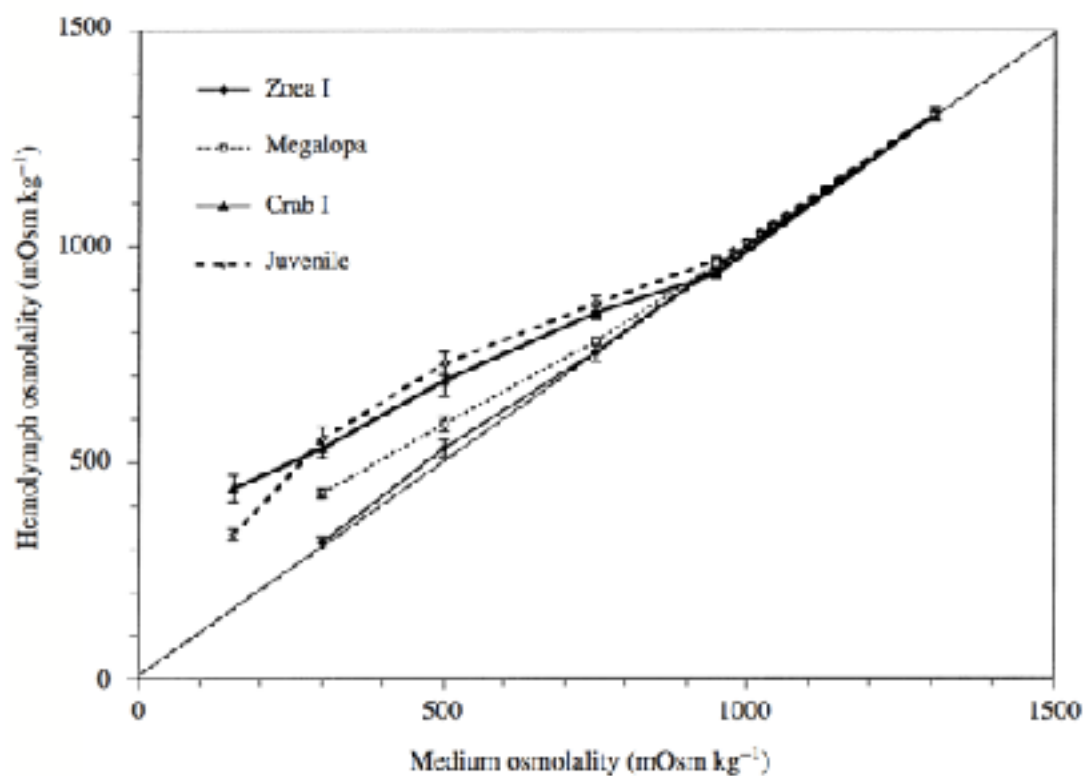


Figure IIIA1 : Variations de l'osmolarité de l'hémolymphe en fonction de l'osmolarité du milieu extérieur pour différents stades du crabe vert maintenus en captivité à 18°C.

(d'après Cieluch et al., 2004)

Stages	Salinity [mOsm kg ⁻¹ (‰)]						
	10 (1.0)	155 (5.3)	300 (10.2)	500 (17.0)	746 (25.5)	947 (32.2)	1302 (44.3)
ZI	ND	0 ₃₄	19 ₃₆	100 ₃₆	100 ₃₆	100 ₁₂	100 ₁₉
ZII	ND	0 ₄₀	12 ₄₀	75 ₂₀	100 ₁₈	100 ₁₉	100 ₁₇
ZIII	0 ₁₀	0 ₃₂	17 ₃₈	36 ₂₃	100 ₁₈	100 ₁₈	100 ₁₈
ZIV	0 ₁₀	0 ₃₂	0 ₂₀	77 ₂₀	100 ₁₂	100 ₁₂	100 ₁₂
Megalopa	ND	0 ₃₂	44 ₁₆	64 ₁₄	90 ₁₀	91 ₁₁	100 ₁₁
CI	10 ₁₀	80 ₃₂	90 ₃₈	100 ₃₀	100 ₁₀	100 ₁₁	100 ₁₀
CII	20 ₂	100 ₁₁	100 ₁₁	100 ₁₁	100 ₁₁	100 ₁₂	100 ₁₀
Juvenile	0 ₂	40 ₃₂	80 ₃₈	89 ₃₀	89 ₃₀	100 ₃₀	100 ₃₀

Figure IIIA2 : Pourcentage de survivants de différents stades du crabe vert pour différentes conditions de salinité après 24h d'exposition (72h pour les juvéniles).

ZI à ZIV : stades zoé ; Megalopa : mégalope ; CI à CII : stades crabe ; J : juvénile. Les chiffres en indice indiquent le nombre d'individus au début de chaque expérience. (d'après Cieluch et al., 2004)

Réponse à la question III-A

Analyse de IIIA1 : osmo-conformité vs osmo-régulation

Pour le **stade zoé**, l'osmolarité de l'hémolymph suit l'osmolarité du milieu extérieur : ce stade n'est pas capable de réguler son osmolarité, il est **osmoconforme**.

Pour les **autres stades**, ils sont capables de réguler leur osmolarité, ils sont **osmorégulateurs**. Cette capacité est d'autant plus forte à faible osmolarité lorsque le stade de développement est plus avancé (de mégalope au juvénile).

Analyse de IIIA2 en lien avec le milieu de vie

Les stades zoé à mégalope sont planctoniques et donc soumis à de faibles variations de salinité qui reste proche de 1000 mOsm.L⁻¹.

Les stades crabes et juvéniles sont benthiques et intertidaux : ils sont soumis à de fortes variations de salinité et peuvent être soumis en particulier à de faibles valeurs osmolarités suite à l'apport d'eau douce par les cours d'eau ou les précipitations. Le taux de survie dans ces conditions est très fort s'expliquant par leur capacité d'osmorégulation qui maintient une osmolarité de l'hémolymph compatible avec la vie.

La plupart des candidats ont traité cette partie basée sur l'analyse de documents et traitant de l'évolution du comportement osmotique du crabe vert au cours de son développement post-embryonnaire en relation avec un changement de milieu de vie.

L'évolution des capacités osmo-régulatrices était abordée avec l'analyse des Figures IIIA1 et IIIA2. Étonnamment, plusieurs copies décrivent correctement le changement des capacités osmotiques chez les différents stades sans introduire les notions d'organismes osmo-conformes (stade zoé) ou osmo-régulateurs (stades Megalope, Crabe et juvénile). Ainsi, la relation entre le développement et l'osmo-régulation a été effectuée. Cependant, le lien avec le changement de milieu de vie des différents stades de développement manque le plus souvent même s'il a été parfois noté au moment de l'analyse du tableau IIIA2.

III-B On cherche maintenant à étudier certains mécanismes moléculaires à l'origine des changements observés. Des expériences de marquage ont été réalisées chez le crabe vert. D'autres expériences ont été réalisées chez l'écrevisse adulte, *Astacus leptodactylus*, vivant en eau douce et dont la nature des réponses observées sont supposées identiques à celles d'un crabe vert adulte.

III-B-1 Analysez les données des figures IIIB1 et IIIB2 ci-dessous. Confrontez vos conclusions à celles de la partie II-A.

Réponse à la question III-B-1

On observe sur III-4-C un marquage lié à la présence de l'ATPase Na/K sur l'épithélium des structures branchiales de plus en plus important au fil des stades. De même, on observe sur III-4-D un développement de plus en plus important des microvillosités entre milieu apicales et basales des cellules épithéliales suggérant des capacités d'échanges milieu extérieur/cellules épithéliales branchiales/hémolymphe accrues par augmentation de surface. Cela peut être corrélé à un plus grand nombre de pompes sur ces structures. De même, la densité des mitochondries augmente pouvant expliquer une production accrue d'ATP nécessaire au fonctionnement des pompes en nombre croissant.

Il y a donc en lien avec l'ontogenèse une augmentation progressive des possibilités de transport actif d'ions au niveau de l'épithélium des structures branchiales (différenciation des ionocytes) permettant (au moins pour partie) l'acquisition des capacités osmo-régulatrices.

III-B-2 Analysez les documents IIIB3 et IIIB4. Discutez les limites de ces documents ainsi que de IIIB1 et IIIB2 dans la compréhension globale du déterminisme des mécanismes impliqués.

Réponse à la question III-B-2

IIIB1 : rôle de la glande antennaire dans le déterminisme de l'osmo-régulation et, plus particulièrement, les flux de sodium.

IIIB-2 : restauration des effets de la glande verte par une hormone hyperglycémisante, z3 en particulier. Les effets de la glande verte sont donc au moins pour partie hormonaux agissant sur des cibles comme les branchies.

Critique : rien n'exclut malgré tout que la régulation du flux de Na^+ puisse impliquer la fonction excrétrice de la glande verte elle-même au moins pour partie.

L'analyse des documents de la question IIIB1 portant sur l'évolution des branchies au cours du développement a été traitée dans la plupart des copies. Par contre, l'analyse des données sur les expériences effectuées chez l'écrevisse a posé plus de problèmes surtout du fait de la lecture trop rapide du texte associé. Ainsi, si les effets de l'ablation des glandes antennaires ont été bien interprétés, l'ajout des hormones n'a pas été bien compris, les candidats n'ayant pas réalisé que l'injection avait été effectuée chez des animaux opérés. Les conclusions ainsi formulées ont alors été inadaptées.

La question demandait une vision critique sur les conclusions formulées. Hormis quelques candidats, la grande majorité est restée au niveau de l'analyse brute des histogrammes et a uniquement évoqué une échelle de temps différente, la nécessité de faire des expériences complémentaires sur les hormones produites par les glandes antennaires... Peu ont pensé que de nombreuses structures pourraient être activées par l'injection hormonale.

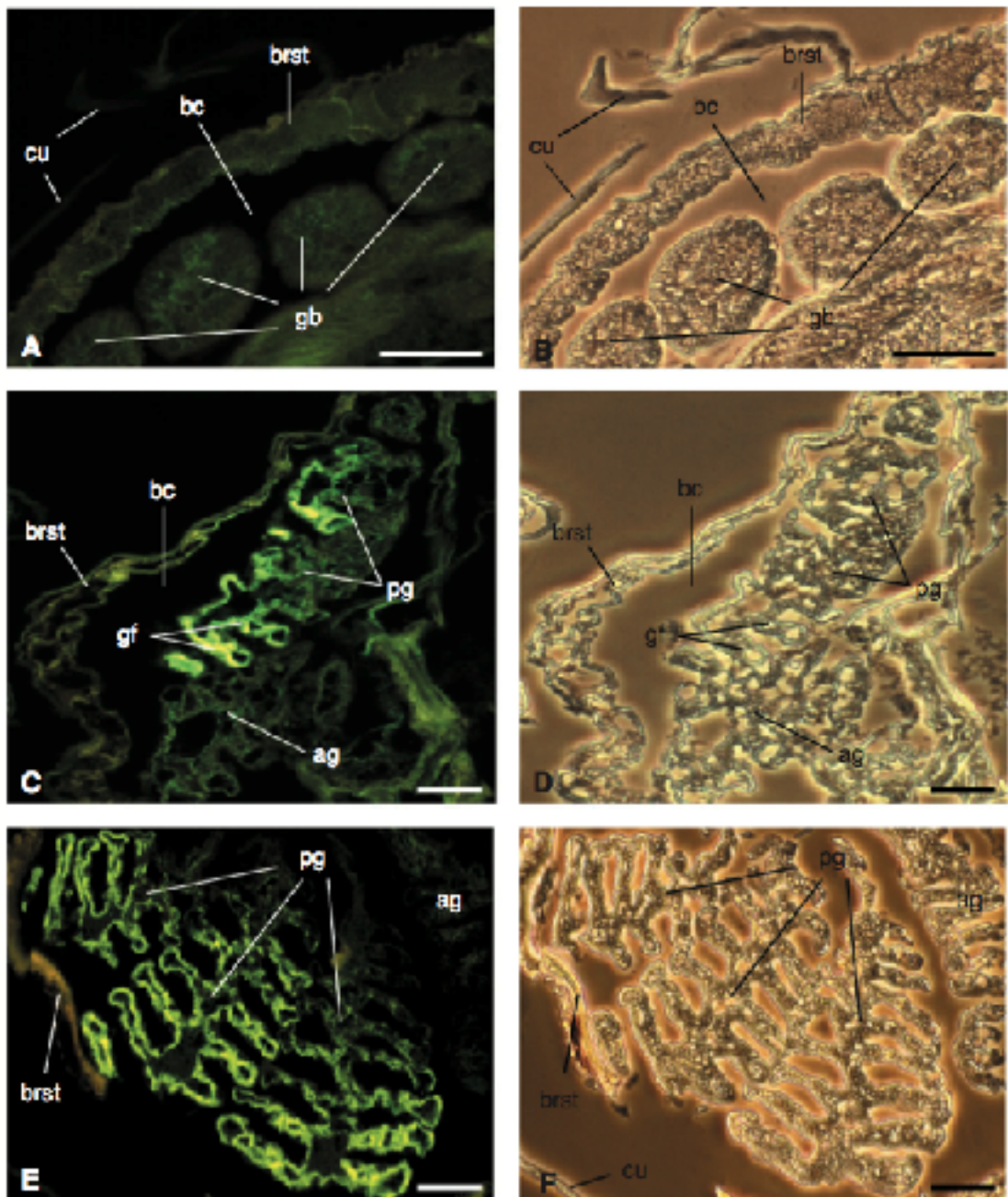


Figure IIIB1 : Immunolocalisation de l'ATPase Na/K sur des coupes de cavité branchiale chez le crabe vert à différents stades.

A gauche, micrographies en fluorescence ; à droite, micrographies correspondantes en contraste de phase. A et B : stade zoé IV ; C et D : stade mégalope ; E et F : stade : stade crabe I. Ag : branchie antérieure ; bc : chambre branchiale ; brst : branchiostégite ; cu : cuticule détachée du branchiostégite (artéfact) ; gb : bourgeon branchial ; gf : filament branchial ; pg : branchie postérieure. Barre : 50μm. (d'après Cieluch et al., 2004)

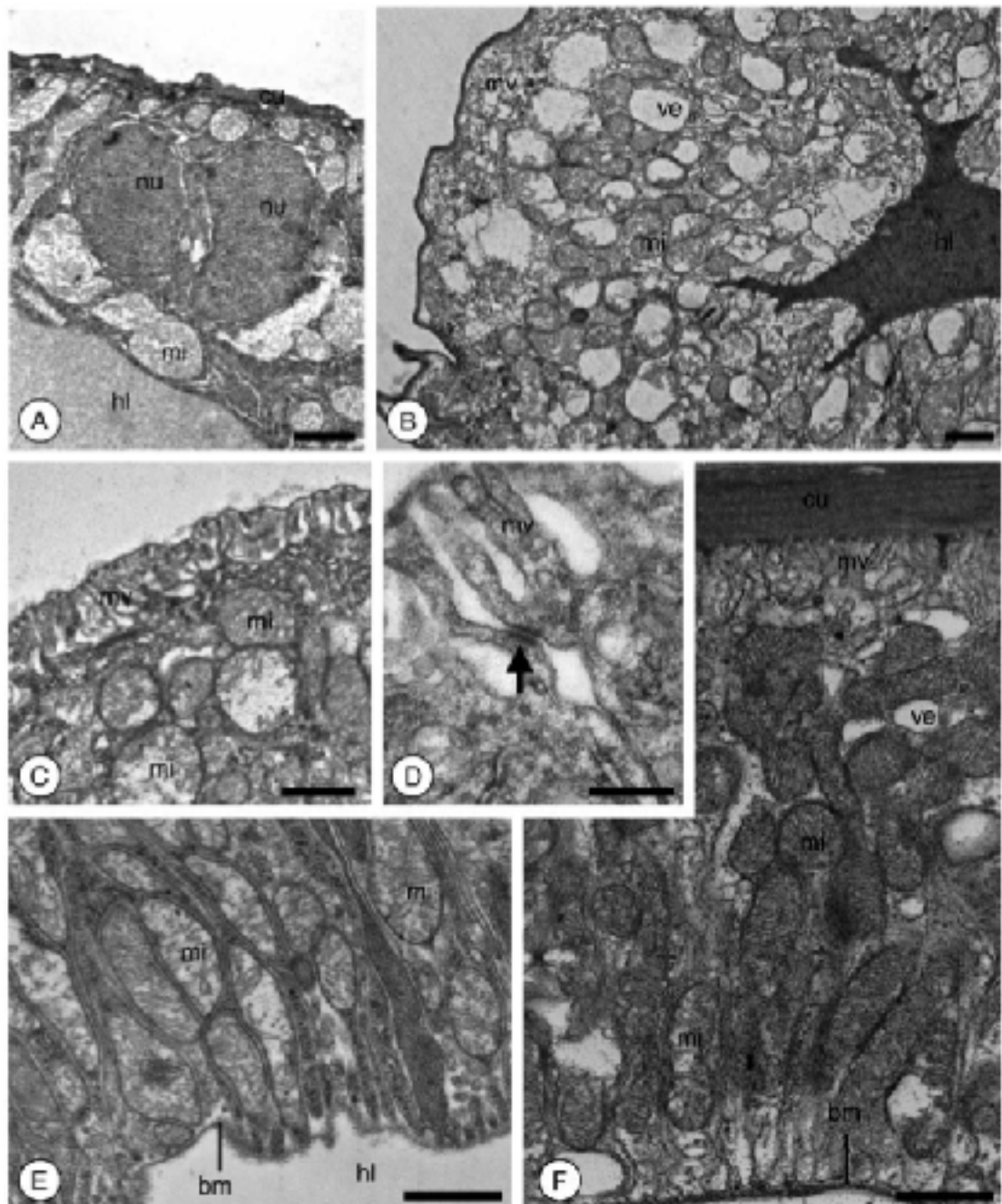


Figure IIIB2 : Electronographies (en microscopie électronique en transmission) d'épithélia de branchies de différents stades du crabe vert.

A : épithélium d'un bourgeon branchial de stade zoé IV ; B : épithélium d'un filament branchial postérieur de stade mégalope ; C, D et E : épithélium d'un filament branchial postérieur de stade crabe I ; C : pôle apical ; D : pôle apical avec détail d'un desmosome (flèche) ; E : pôle basal ; F : épithélium d'un filament branchial postérieur d'adulte. Bm : lame basale ; cu : cuticule ; hl : lacune hémolympatique ; mi : mitochondrie ; mv : microvillosité ; nu : noyau ; ve : vésicule. Barre : 2µm (A, B) ; 1µm (C-F) ; 0,2µm (D).

(d'après Cieluch et al., 2004)

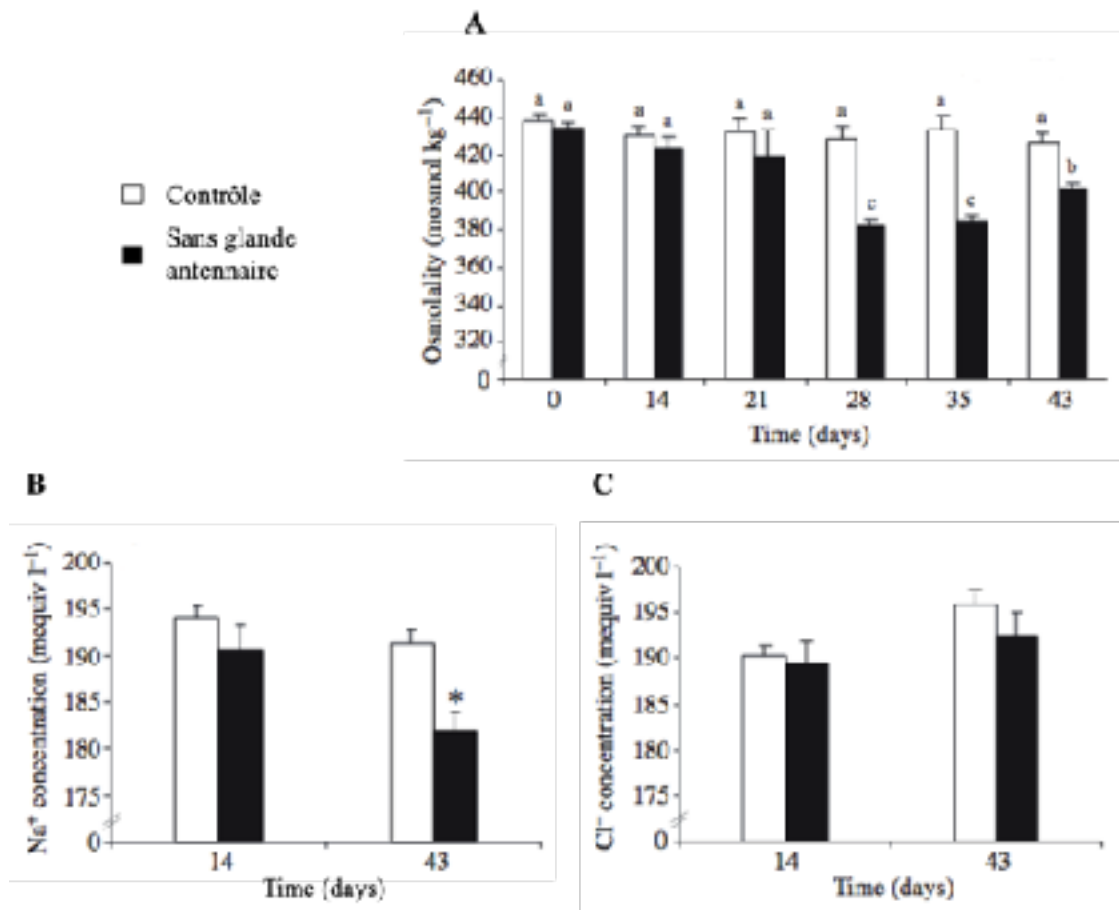


Figure IIIB3 : Effet de l'ablation des glandes antennaires (ou glandes vertes) sur différents paramètres mesurés sur l'hémolymph de crêvisses au cours du temps.

A : a-b, a-c et b-c peuvent être considérés comme significativement différents.

B : * peut être considérée significativement différente des autres valeurs.

C : les valeurs ne peuvent pas être considérées significativement différentes.

(d'après Serrano, 2002)

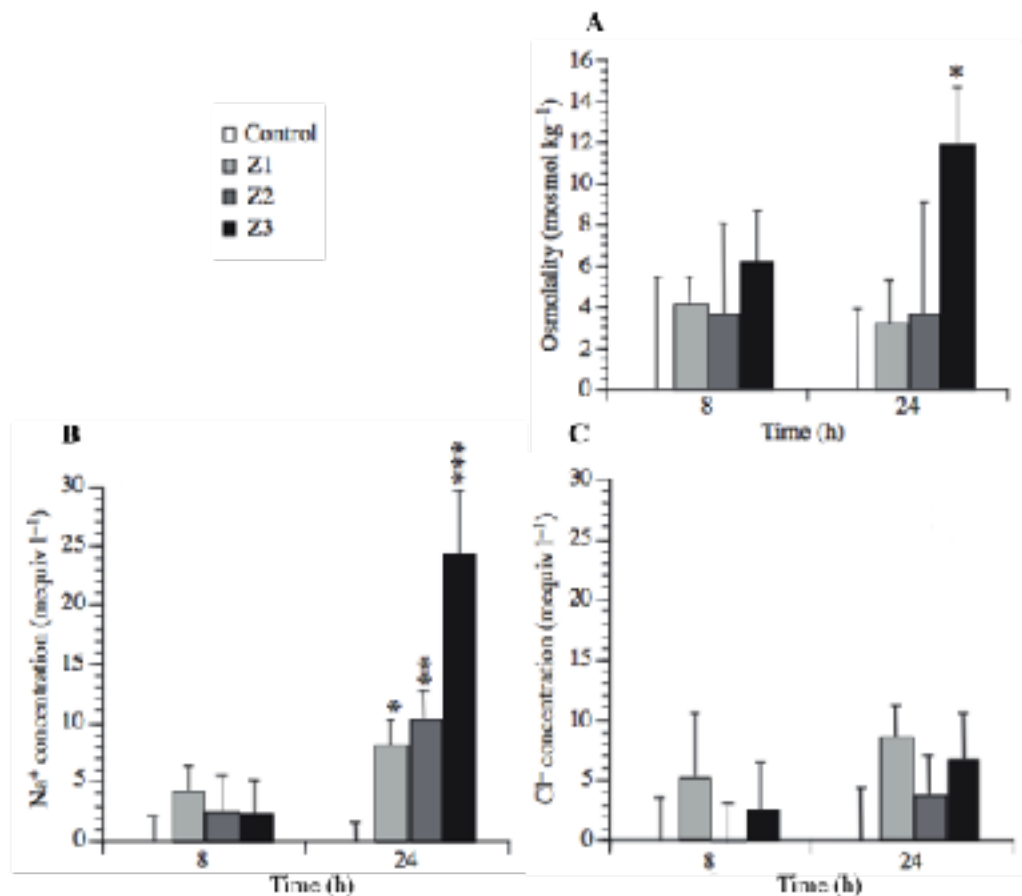


Figure IIB4 : Effet de trois isoformes supposées de l'hormone hyperglycémiant (Z1, Z2, Z3) sur différents paramètres de l'hémolymphe d'écrevisses amputées de leurs glandes antennaires (ou glandes vertes) au cours du temps.

A : * peut être considérée significativement différente des autres valeurs ;

B : *, **, *** peuvent être considérées significativement différentes entre elles et des autres valeurs ;

C : les valeurs ne peuvent pas être considérées significativement différentes.

(d'après Serrano, 2002)

Cette question sera traitée au poste "exercice de reconnaissances" selon un planning affiché dans la salle. Durée maximale : 15 minutes.

Pour chaque échantillon numéroté de 1 à 10, vous procéderez à l'identification la plus précise possible et vous indiquerez sa position systématique. Vous identifierez également le changement de milieu de vie auquel est soumis l'organisme au cours de son cycle biologique. Votre réponse sera indiquée dans les emplacements dédiés du tableau ci-dessous.

Numéro de l'échantillon	Identification et position systématique	Stade	Changement de milieu de vie associé au stade identifié <i>Ci-dessous quelques réponses possibles (non exhaustif)</i>
1	Anguille Actinoptérygien Téléostéen	Anguille jaune	Est issue d'un changement mer → rivière Toléré : subira un changement rivière → mer (avalaison) au stade anguille argenté (espèce catadrome).
2	Cigale Hexapode Hémiptère Auchénoptère (homoptère toléré)	Adulte	Est issue d'un changement de milieu sol → milieu aérien au moment de la mue nymphale.
3	Grande douve du foie Plathelminthes Trématodes	Adulte	Est issu d'un changement milieu aquatique (métacercarie enkystée) → canaux biliaires de différents Mammifères dont l'Homme.
4	Lamproie Vertébré Pétromyzontide (Agnathe toléré)	Adulte	Subira un changement mer → rivière lors de la repro (espèce anadrome) ou bien est issu d'un changement rivière → mer lors du développement.
5	Lierre grimpant Angiosperme Eudicotylédones Araliacées	Lierre reproducteur / lierre de lumière	Est issu d'un changement milieu ombragé → milieu ensoleillé.
6	Salamandre tachetée Batracien Urodèle	Adulte	Est issu d'un changement de milieu aquatique → terrestre lors de la métamorphose.
7	Mollusques	Larve véligère	Subira un changement plancton → benthos

8	Moustique Hexapode Holométaboles Diptères	Larve	Subira un changement milieu aquatique (eau douce ou saumâtre) → milieu aérien (après mues nymphales et imaginale)
9	Cétoine, ou hanneton... Hexapodes Holométaboles Coléoptères	Larve mélolonthoïde	Subira un changement sol → milieu aérien après la mue nymphale et la mue imaginale.
10	Demoiselle Hexapodes Odonates Zygoptères	Adulte	Est issu d'un changement milieu aquatique (eau douce) → milieu aérien