

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Durée : 3 heures

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données, de les traiter par des moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve.

En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le chef de centre qui contrôlera et éventuellement remplacera son sujet.

Le sujet comporte **2 parties indépendantes** qui seront traitées dans l'ordre de l'énoncé.

Le candidat s'appuiera essentiellement sur une **analyse détaillée des documents**, pour répondre aux **questions posées en début de chaque thème ou au fur et à mesure des documents**.

Aucune introduction ni conclusion générale ne sont attendues.

Un schéma bilan est attendu à la fin du thème 2.2 de la partie 2 (une trame à compléter est proposée sur la dernière page).

Le candidat ne doit pas rédiger de longs développements de ses connaissances sur le thème, indépendamment de l'exploitation des documents et des questions posées.

Les documents peuvent être découpés et collés sur la copie à condition d'être légendés, commentés et exploités ; des croquis légendés peuvent également être proposés.

Les barres verticales sur les graphes et histogrammes représentent l'erreur standard à la moyenne (ou écart standard). On admettra que les résultats sont différents si les barres d'erreurs ne se chevauchent pas.

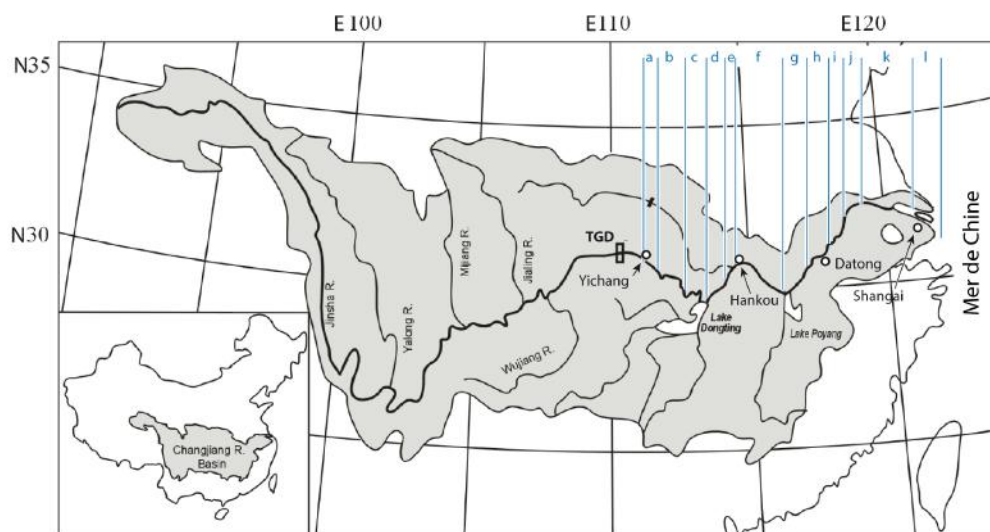
Partie 1 : Etude du phénomène sédimentaire au niveau du Yangtzé (Chine)

Cette partie s'intéresse à l'évolution spatiale et temporelle des processus sédimentaires le long du fleuve Yangtzé (Chine).

Dans cette partie, vous répondrez aux questions posées.

Annexe : Localisation du fleuve Yangtzé et position du barrage des 3 Gorges (TGD)

Ce document constitue une aide pour la compréhension du sujet mais n'est pas à analyser pour lui-même.

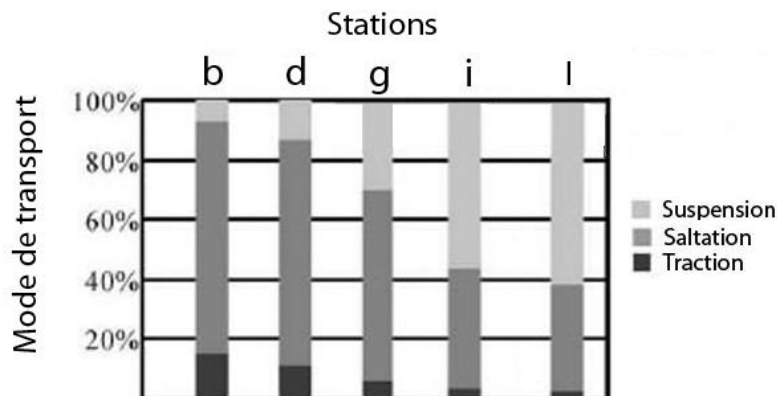


Les lettres en bleu indiquent les zones étudiées dans le document 1.1

TGD : barrage des 3 Gorges (Three Gorges Dam), début des travaux en **1994** et barrage fonctionnel en **2003**

Document 1.1 : Etude du mode de transport des sédiments

Le Yangtzé a été divisé en douze régions (notées a à l) depuis Yichang à l'Ouest jusqu'à son embouchure (voir annexe pour la localisation). Le mode de transport des sédiments a été évalué pour chaque région : suspension, saltation ou traction. Les résultats sont présentés dans l'histogramme ci-dessous. Les mesures ont été réalisées avant 2000.

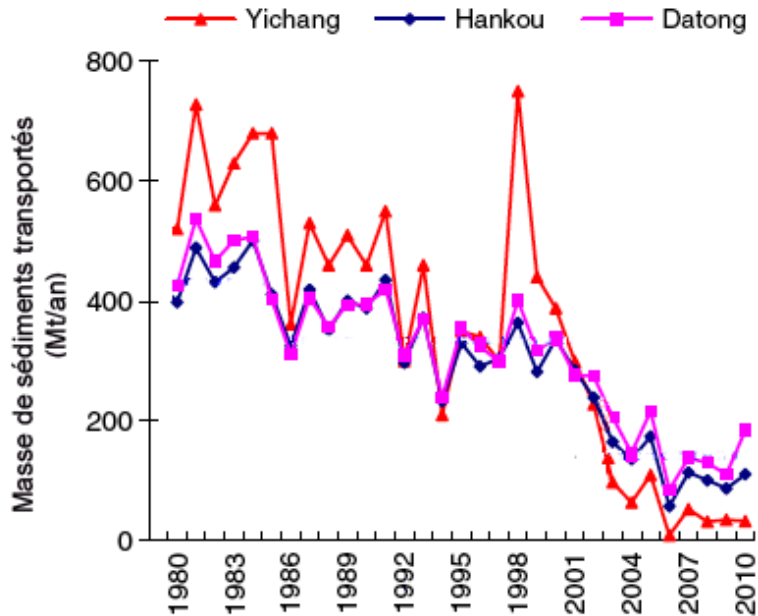


1. Décrivez l'évolution, de l'amont vers l'aval, des différents modes de transport des sédiments.

Document 1.2 : Etude de l'équilibre érosion-sédimentation au niveau du Yangtze

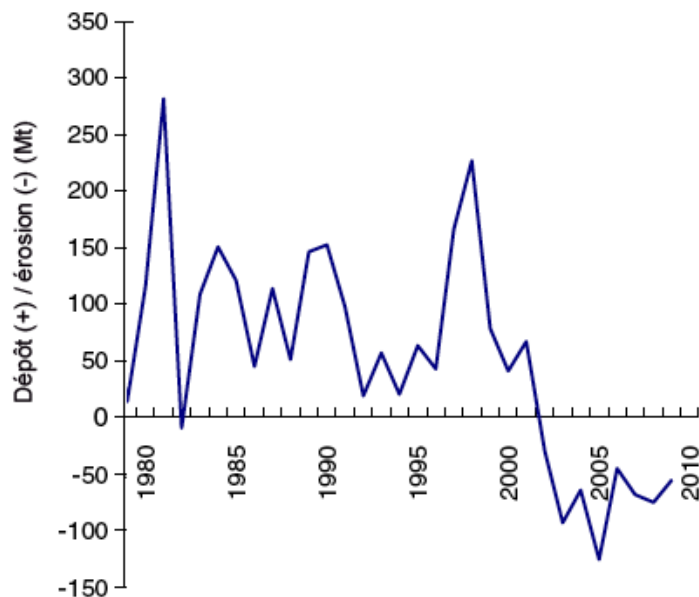
Document 1.2.a : Etude de la quantité de sédiments transportés par le Yangtze

La masse de sédiments transportés a été quantifiée entre 1980 et 2010 au niveau de 3 stations : Yichang, Hankou et Datong. Les résultats (en mégatonnes /an) sont présentés sur le graphique ci-dessous. On rappelle que le barrage des 3 Gorges est fonctionnel depuis 2003, les travaux ayant commencé en 1994.



Document 1.2.b : Etude du dépôt et de l'érosion des sédiments entre Yichang et Datong

Le document 1.2.b présente la masse de sédiments (en mégatonnes Mt) déposés ou érodés entre les villes de Yichang à l'Ouest et Datong à l'Est.



2. Après avoir décrit les deux documents et fait le lien entre eux, proposez une hypothèse expliquant les résultats.

Document 1.2.c : Images satellites du fleuve Yangtze dans la région du barrage des 3 Gorges (TGD)

Des images satellites ont été prises en 1987 (A) et 2006 (B). L'orientation et l'échelle sont identiques pour les deux images.



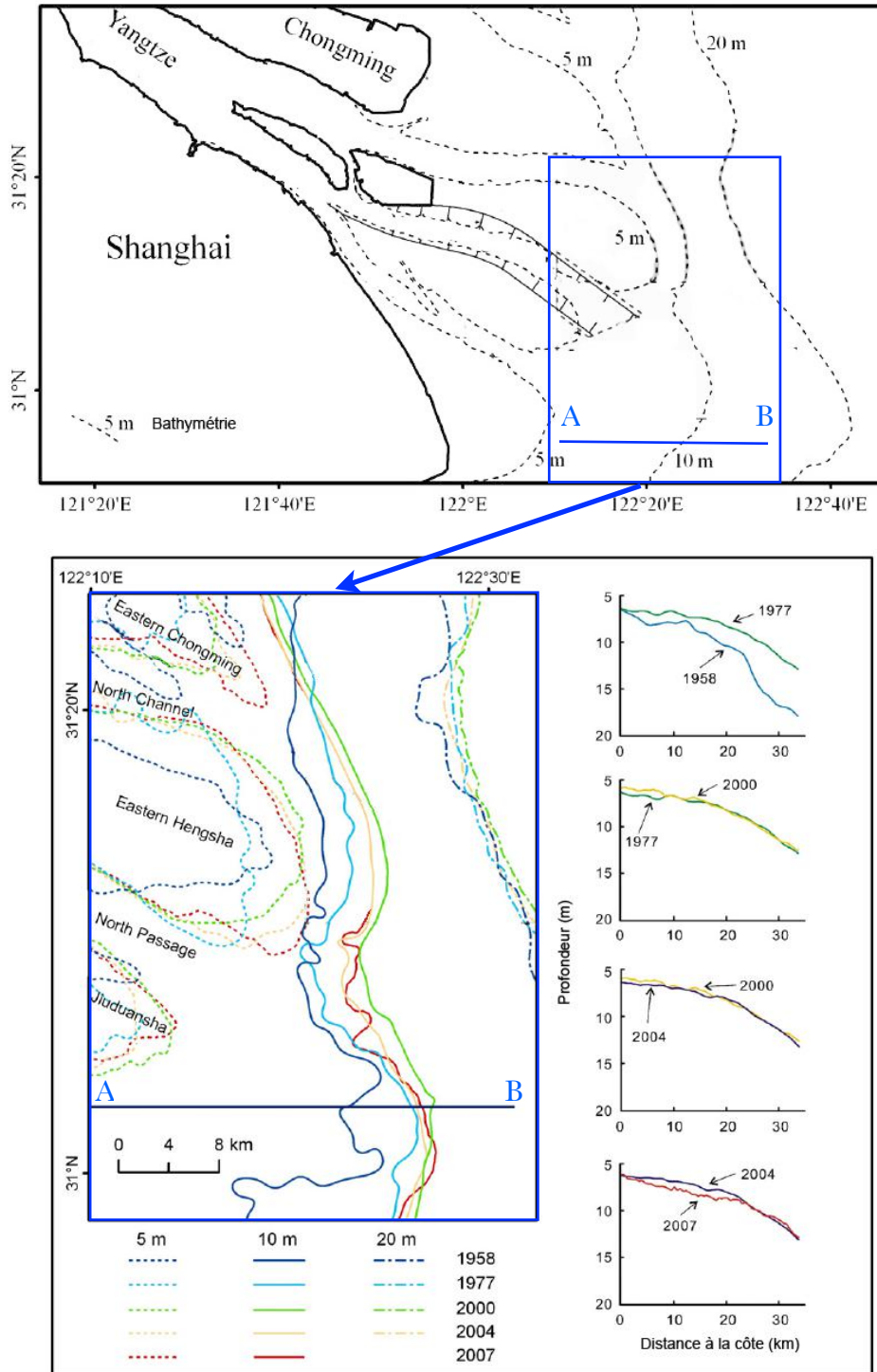
3. Précisez comment a évolué le fleuve sur cette période. Ces observations sont-elles en accord avec les résultats du document 1.2.a ?

Document 1.3 : Etude du delta du Yangtzé

Document 1.3.a : Evolution de la bathymétrie au niveau du delta du Yangtzé

Le document ci-dessous présente l'évolution de la bathymétrie (profondeur) depuis 1958 :

- en carte
- en coupe selon le tracé A-B : pour plus de clarté, chaque graphique représente l'évolution de la bathymétrie pour deux années seulement

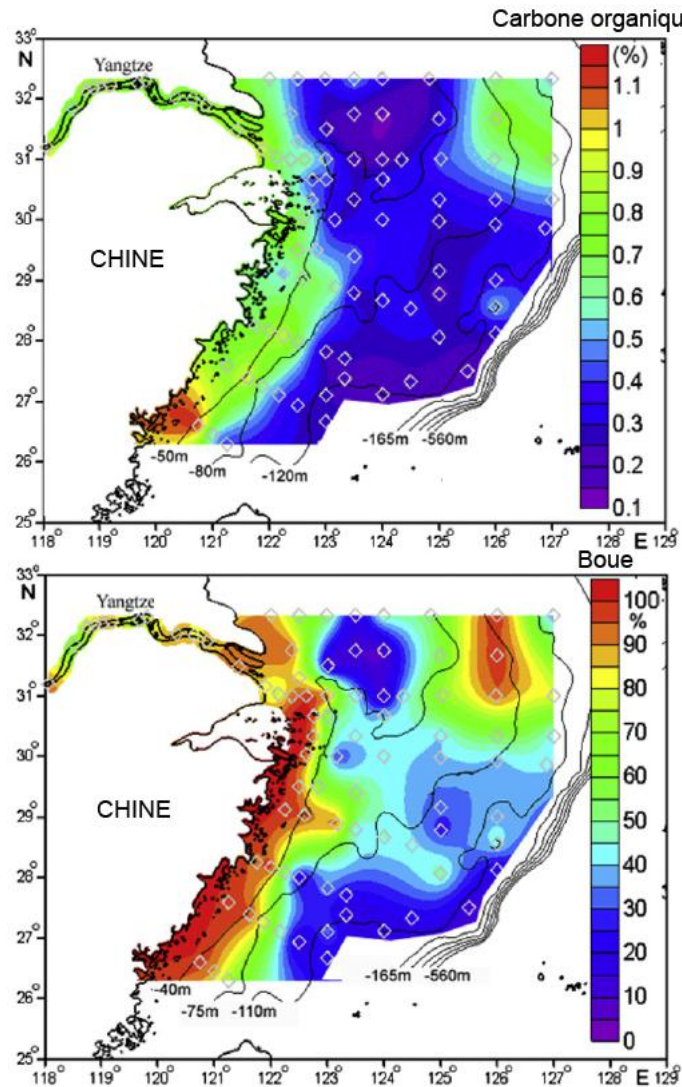


4. Décrivez et interprétez les résultats du document. Précisez en quoi ils appuient les résultats des documents précédents.

Document 1.3.b : Etude de la teneur des sédiments en carbone organique au niveau du delta du Yangtzé

Les proportions de carbone organique et de boue (dépôt sédimentaire fin : 0,2 à 62,5µm) ont été quantifiées en 2007 dans les sédiments superficiels à l'embouchure du Yangtzé. Les résultats sont présentés dans les deux cartes ci-dessous.

Les losanges blancs indiquent les zones échantillonnées. Les courbes indiquent la bathymétrie.



5. Décrivez les résultats, puis en utilisant vos connaissances :

- proposez une hypothèse permettant de les expliquer
- donnez d'autres exemples de milieux / contextes géodynamiques permettant l'accumulation et la conservation de carbone organique dans des sédiments.

Bibliographie :

- Dai and Lu, *Geomorphology* (215), 2014
<http://eoimages.gsfc.nasa.gov>
Lin *et al.*, *Chemical Geology* (182), 2002
Xu *et al.*, *Geomorphology* (104), 2009
Yang *et al.*, *Global and Planetary Change* (75), 2011
Zhu *et al.*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (93), 2011
Wang *et al.*, *Geomorphology* (113), 2009

Partie 2 : L'anhydrobiose chez les tardigrades ou comment résister à la déshydratation

Les tardigrades sont de petits animaux (Protostomiens panarthropodes) présents dans de nombreux écosystèmes aquatiques ou terrestres. Les espèces habitant les milieux terrestres ne sont actives que lorsqu'elles sont recouvertes d'un film d'eau. En l'absence d'eau, elles peuvent entrer en cryptobiose, un état de vie ralenti induit et maintenu par des conditions extérieures défavorables. Le retour de conditions favorables entraîne la fin de cet état et la reprise d'une vie active. Les tardigrades peuvent entrer en cryptobiose à toutes les étapes de leur cycle, ce qui leur permet de coloniser des milieux de vie extrêmes. Cette partie s'intéresse à une forme particulière de cryptobiose, l'anhydrobiose qui repose sur une déshydratation sévère des individus.

A la fin du thème 2.2 de cette partie, vous réaliserez un schéma bilan reprenant les différentes conclusions apportées par les deux premiers thèmes (trame à compléter p 13). Ce schéma bilan peut être partiellement construit même si tous les documents n'ont pas été traités.

Thème 2.1 : Aspects macroscopiques

A partir des documents 2.1 à 2.3 et de vos connaissances, déterminez quelles sont les modifications morphologiques des tardigrades qui leur permettent de résister à la déshydratation.

Document 2.1 : Etude de la survie à la déshydratation chez différentes espèces de tardigrades

Le tableau présente pour 7 espèces de tardigrades (en italique sous le tableau) :

- le pourcentage de survie d'individus placés dans des conditions d'humidité relative de l'air variables (RH)
- la LD50 qui correspond à l'humidité relative entraînant la mort de 50% des individus.

RH (%)	<i>E.t.</i>	<i>M.h.</i>	<i>M.r.</i>	<i>M.t.</i>	<i>H.o.</i>	<i>H.d.</i>	<i>H.p.</i>
90	100	96	100	100	100	96	100
85	100	100	100	100	100	94	100
80	100	90	90	100	100	65	78
75	100	87	78	100	100	0	37
70	100	0	0	96	100	0	0
65	87	0	0	78	100	0	0
60	62	0	0	44	81	0	0
55	0	0	0	0	62	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0
LD50 (%)	59	73	73	61	53	76	78

E.t. : *Echiniscus testudo*, *M.h.* : *Macrobiotus hufelandi*, *M.r.* : *Macrobiotus richtersi*, *M.t.* : *Milnesium tardigradum*, *H.o.* : *Hypsibius oberhaeuseri*, *H.d.* : *Hypsibius dujardini*, *H.p.* : *Hypsibius prosostomus*. 7

Document 2.2 : Evolution de la surface des individus au cours de l'entrée en anhydrobiose

Document 2.2.a : Observation au microscope électronique à balayage (MEB) d'individus entrant en anhydrobiose

L'évolution de la morphologie des tardigrades est suivie par observation directe au MEB.

A à C : tardigrades hydratés

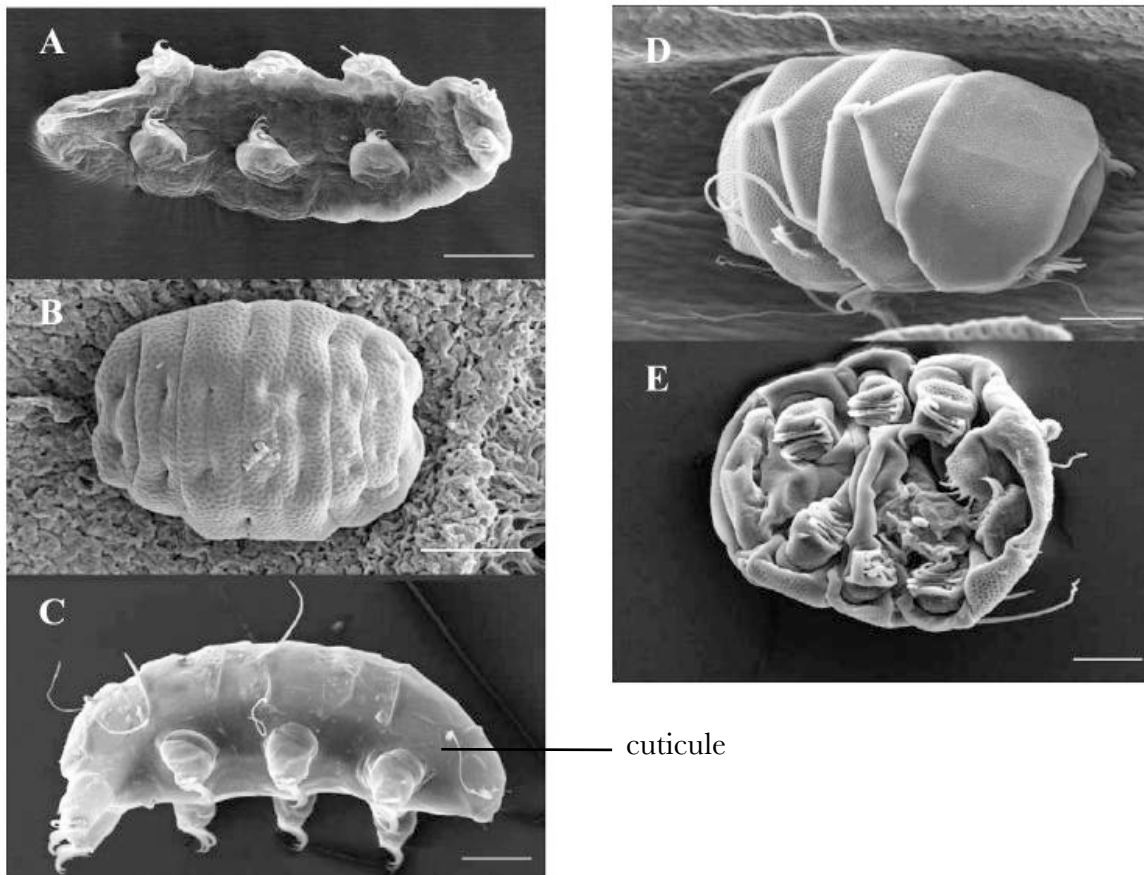
D et E : tardigrades en anhydrobiose

A et E : vue de dessous

B et D : vue de dessus

C : vue de profil

Barre d'échelle : A à E : 50 µm; A à C : *Ramazzottius oberhaeuseri*, D et E : *Echiniscus trisetosus*

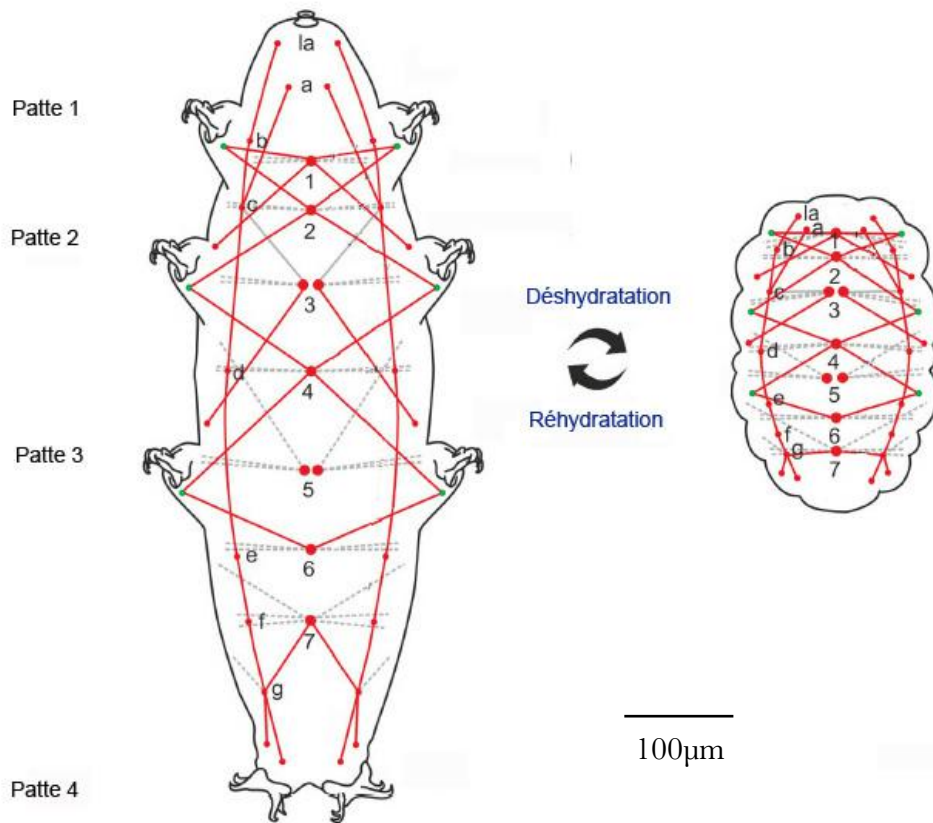


Document 2.2.b : Importance de la musculature

Le document ci-dessous présente la musculature de tardigrades hydratés ou en cryptobiose. Seuls les muscles ventraux (en rouge) ont été représentés.

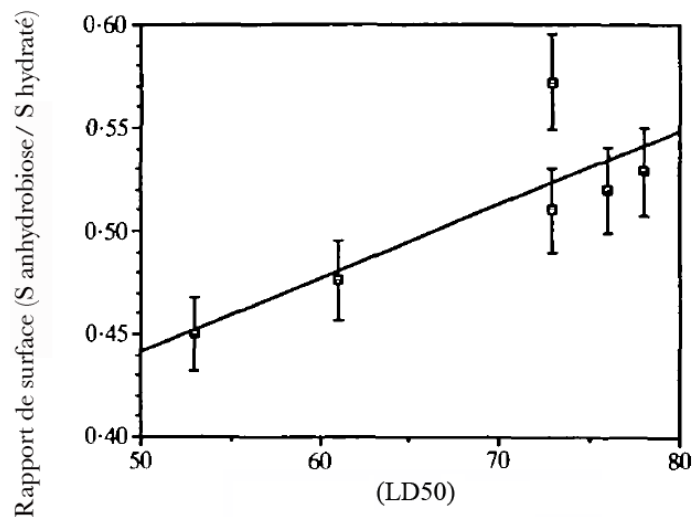
Les sites d'insertion des muscles sont représentés par :

- des chiffres (1 à 7) dans la région médio-ventrale
- des lettres (la à g) dans la région ventro-latérale.



Document 2.2.c : Etude du lien entre la surface de l'animal en anhydrobiose et sa résistance à la déshydratation

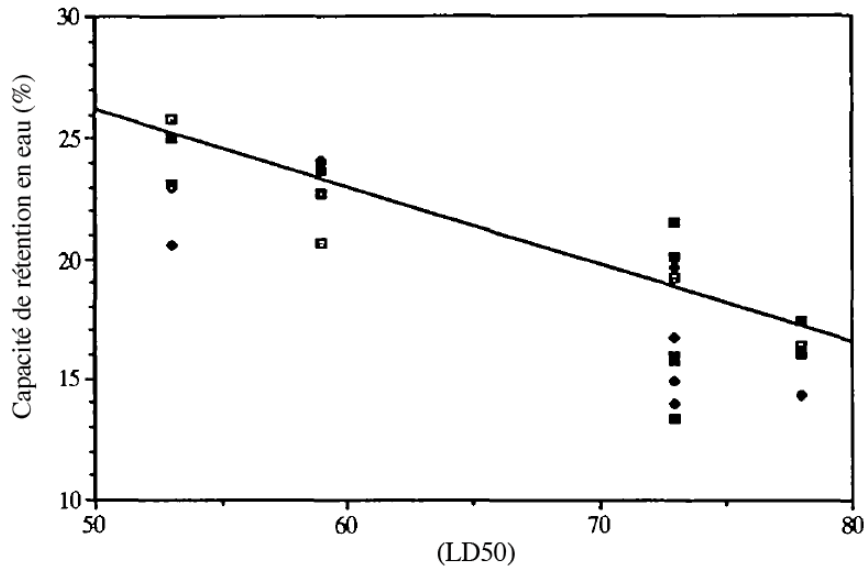
Le graphique représente, pour 6 espèces de tardigrades, le rapport entre la surface des organismes en anhydrobiose et la surface des individus hydratés en fonction de la tolérance à la dessiccation représentée par la LD50 (voir document 2.1 pour la signification).



Document 2.3 : Evolution de 2 paramètres physiques au cours de l'entrée en anhydrobiose d'un tardigrade

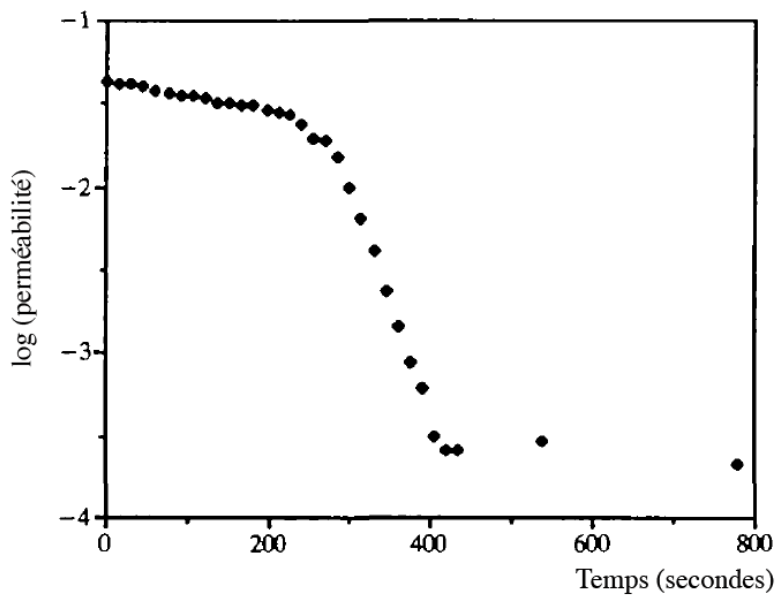
Document 2.3.a : Etude du lien entre masse résiduelle en anhydrobiose et résistance à la déshydratation

Le graphique représente, pour différentes espèces de tardigrades, le pourcentage d'eau retenue dans l'organisme (masse finale après déshydratation en pourcentages de la masse initiale avant déshydratation) en fonction de la tolérance à la dessiccation (LD50). Chaque point représente un individu.



Document 2.3.b : Evolution de la perméabilité à l'eau de la cuticule

Des individus sont transférés d'un milieu contenant de l'eau à un milieu présentant une humidité relative de 80% au temps 0. La perméabilité de la cuticule est quantifiée au cours du temps. Le graphique représente la moyenne obtenue

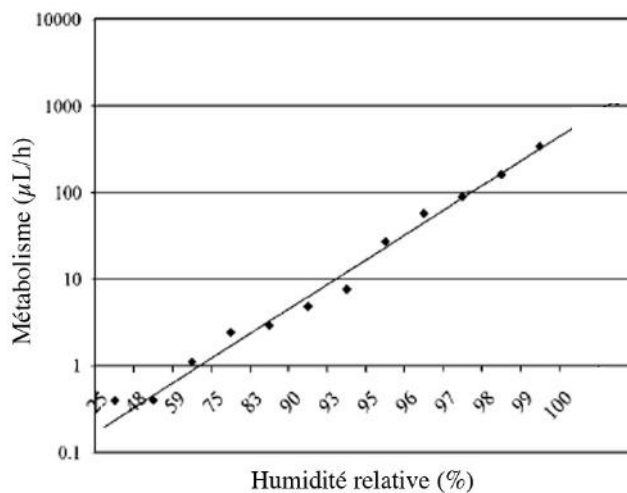


Thème 2.2 : Aspects moléculaires

A partir des documents 2.4 et 2.5, déterminez quels sont les mécanismes moléculaires mis en place au cours de la déshydratation et quelles en sont les fonctions.

Document 2.4 : Quantification du métabolisme des tardigrades en fonction du taux d'humidité

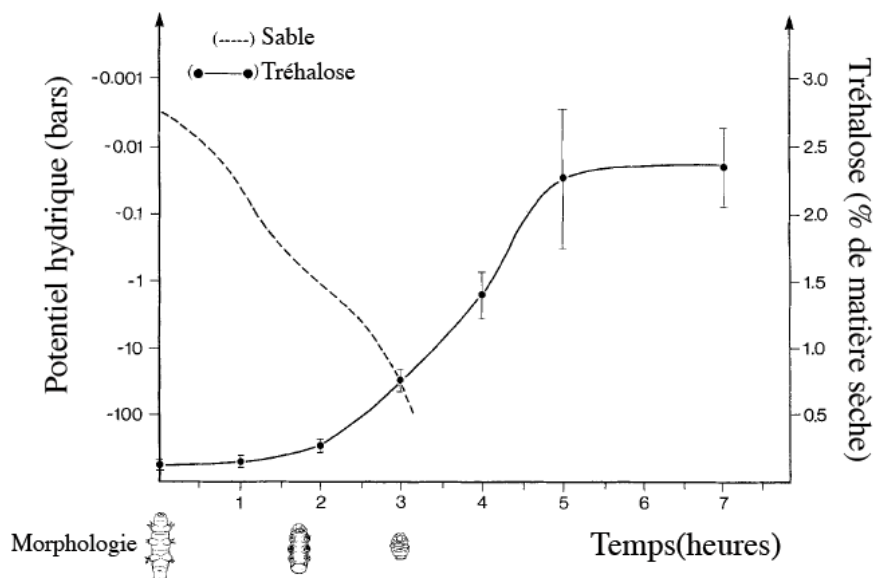
Le métabolisme (consommation de dioxygène en $\mu\text{L/h}$) des individus entrant en anhydrobiose est suivi au cours de la déshydratation. Le graphique présente la moyenne obtenue.



Document 2.5 : Etude du rôle du tréhalose dans les processus de déshydratation et réhydratation

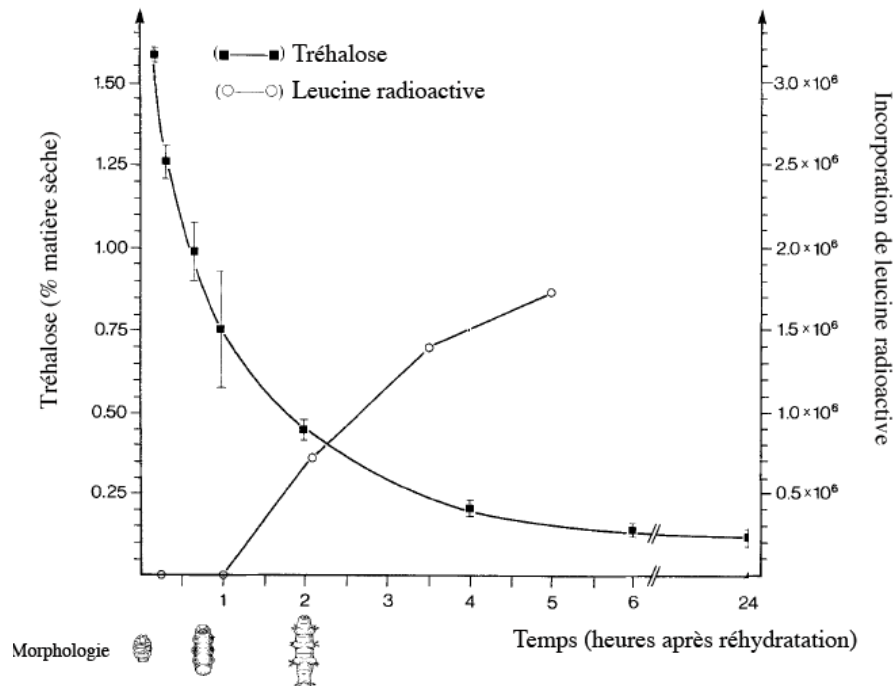
Document 2.5.a : Quantification du tréhalose au cours de la déshydratation

Des individus sont placés dans du sable progressivement asséché. Le potentiel hydrique du sable est mesuré au cours de la déshydratation. Des individus sont prélevés toutes les heures et la quantité de tréhalose (un sucre) est quantifiée (% de matière sèche).



Document 2.5.b : Etude de la réhydratation

Des individus en anhydrobiose sont réhydratés et de la leucine (un acide aminé) radioactive est ajoutée dans le milieu de culture 15 minutes après. L'incorporation de leucine radioactive dans les tardigrades est quantifiée (unités arbitraires). La quantité de tréhalose est également quantifiée chaque heure (en % de matière sèche des individus).



Document 2.5.c : Etude de l'effet du tréhalose sur la fluidité des bicouches lipidiques

La constante de diffusion ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) de bicouches lipidiques est mesurée :

- avant déshydratation
- après déshydratation suivie d'une réhydratation.

Les expériences sont réalisées sur des bicouches seules ou en présence d'un sucre (tréhalose, glucose) et à la même température (22°C). Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

On rappelle que la constante de diffusion rend compte de la fluidité membranaire.

Conditions expérimentales	Constante de diffusion avant déshydratation ($10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$)	Constante de diffusion après déshydratation/réhydratation ($10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$)
Sans sucre	$4,7 \pm 0,4$	0
Présence de tréhalose	$3,2 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,5$
Présence de glucose	$3,7 \pm 0,8$	0

On rappelle qu'un schéma bilan, reprenant les différentes conclusions apportées par les thèmes 2.1 et 2.2, doit être réalisé à partir de la trame dessinée p13.

Thème 2.3 : Aspects phylogénétiques

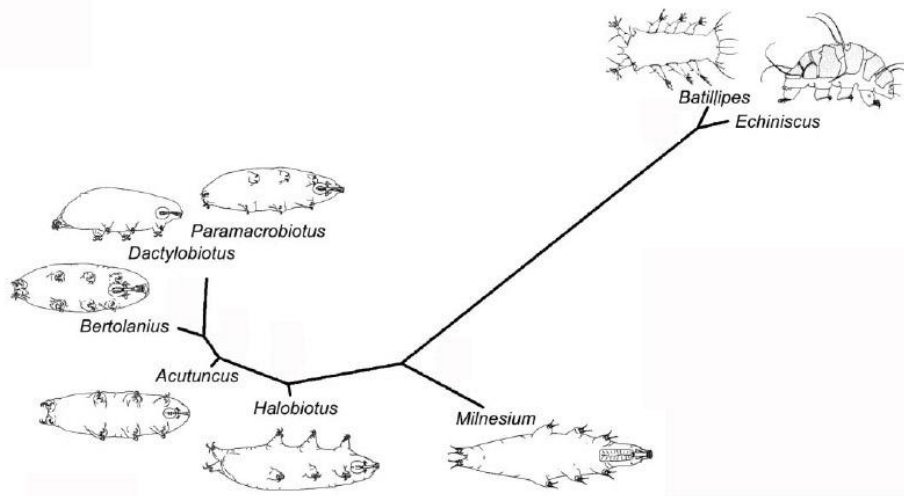
Dans ce thème, vous répondrez aux questions posées.

1. Expliquez rapidement comment un arbre peut être construit à partir de caractères morphologiques. Vous rappellerez les définitions de :

- homologie
- groupe externe
- état ancestral d'un caractère, état dérivé d'un caractère

Document 2.6 : Arbre phylogénétique établi à partir d'études morphologiques

Les musculatures de 7 espèces de tardigrades ont été étudiées : les résultats ont permis de construire l'arbre présenté ci-dessous.

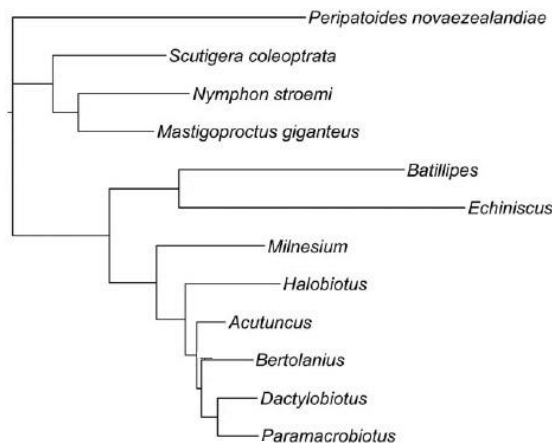


2. L'arbre proposé n'est pas enraciné : qu'aurait-il fallu faire pour y remédier ?

Document 2.7 : Arbre phylogénétique établi à partir de données moléculaires

Le document ci-dessous présente un arbre obtenu à partir de données moléculaires (comparaison des séquences d'ARNr 18S et 28S). On précise que *Peripatoïdes*, *Scutigera*, *Nymphon* et *Mastigoproctus* ne sont pas des tardigrades.

3. Comparez les deux arbres obtenus. Précisez quelles données supplémentaires sont fournies par ce second arbre.



Bibliographie :

Albertorio *et al.*, JACS (129), 2007

Bertolani *et al.*, J. Limnol (63, Suppl.1), 2004

Guidetti *et al.*, Journal of Insect Physiology (57), 2011

Halberg *et al.*, PLOS ONE (8), 2013

Marchioro *et al.*, Zoological Journal of the Linnean Society (169), 2013

Rebecchi *et al.*, ISJ (4), 2007.

West et Ramlov, The journal of experimental Zoology (258), 1991

Wright, J. exp.Biol. (142), 1989.

Wright, Zoologischer Anzeiger (240), 2001

Schéma Bilan des thèmes 2.1 et 2.2
A COMPLETER ET JOINDRE A LA COPIE

