

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.

Les calculs demandés ne nécessitent pas de calculatrice.

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 surveillant qui contrôlera et éventuellement remplacera son sujet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1 à 12 et une annexe format A3.

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.

Quelques conséquences géologiques et écologiques de l'anthropisation de grands fleuves

Ce sujet a pour but de caractériser quelques aspects des impacts géologiques et écologiques de l'anthropisation des bassins versants de grands fleuves. Il est constitué de deux parties indépendantes qu'il est conseillé de traiter dans l'ordre de l'énoncé et d'une troisième partie faisant la synthèse de l'ensemble.

La première partie du sujet se concentre sur les impacts géologiques. Elle est constituée de plusieurs sous parties pouvant être traitées de manière indépendante entre elles. La seconde partie traite des impacts écologiques. Il s'agit d'un ensemble de documents permettant de comprendre les relations de causes à effets menant à une modification de l'écosystème d'un estuaire.

- 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.
- 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.

Références

- [1] **Bangqi et al. (2009)**
Sedimentation in the Three Gorges Dam and the future trend of Changjiang (Yangtze River) sediment flux to the sea– *Hydrol. Earth Syst. Sci.*
- [2] **Gong et al. (2006)**
Reduction of primary production and changing of nutrient ratio in the East China Sea : Effect of the Three Gorges Dam ?– *Geophysical Research Letters*
- [3] **Hao et al. (2017)**
Methodology for Analyzing and Predicting the Runoff and Sediment into a Reservoir– *Water*
- [4] **Hecky et al. (1973)**
The amino acid and sugar composition of diatom cell-walls– *Marine Biology*
- [5] **Hwang et al. (2013)**
Collapse of the Crustacean Mesozooplankton in the Northern East China Sea : Effects of the Three Gorges Dam ?– *Journal of Coastal Research*
- [6] **Löffelhardt (2013)**
Endosymbiosis– *Springer*
- [7] **Luo et al. (2017)**
New evidence of Yangtze delta recession after closing of the Three Gorges Dam– *Nature - Scientific Reports*
- [8] **Purcell (2005)**
Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms : a review– *Cambridge University Press*
- [9] **Sommer (1994)**
Are marine diatoms favoured by high Si :N ratios ?– *Marine Ecology Progress Series*
- [10] **Sommer et al. (2002)**
Pelagic food web configurations at different levels of nutrient richness and their implications for the ratio fish production : primary production– *Hydrobiologia*
- [11] **Zhang et al. (2012)**
Associations of large jellyfish distributions with temperature and salinity in the Yellow Sea and East China Sea– *nc*

Thème 1 – Impacts géologiques de l’anthropisation de cours d’eaux

1.1 Analyse d’un paysage dans la partie amont du Fleuve Bleu

Question 1

La figure 1.1 présente un paysage aux abords d’un grand fleuve.

- Décrivez la topographie au niveau des structures 1 et 2.
- À partir du diagramme de Hjulström donné en annexe A3, expliquez l’origine des structures notées 1 et 2.
- Proposez une hypothèse pour expliquer la structure notée 3.

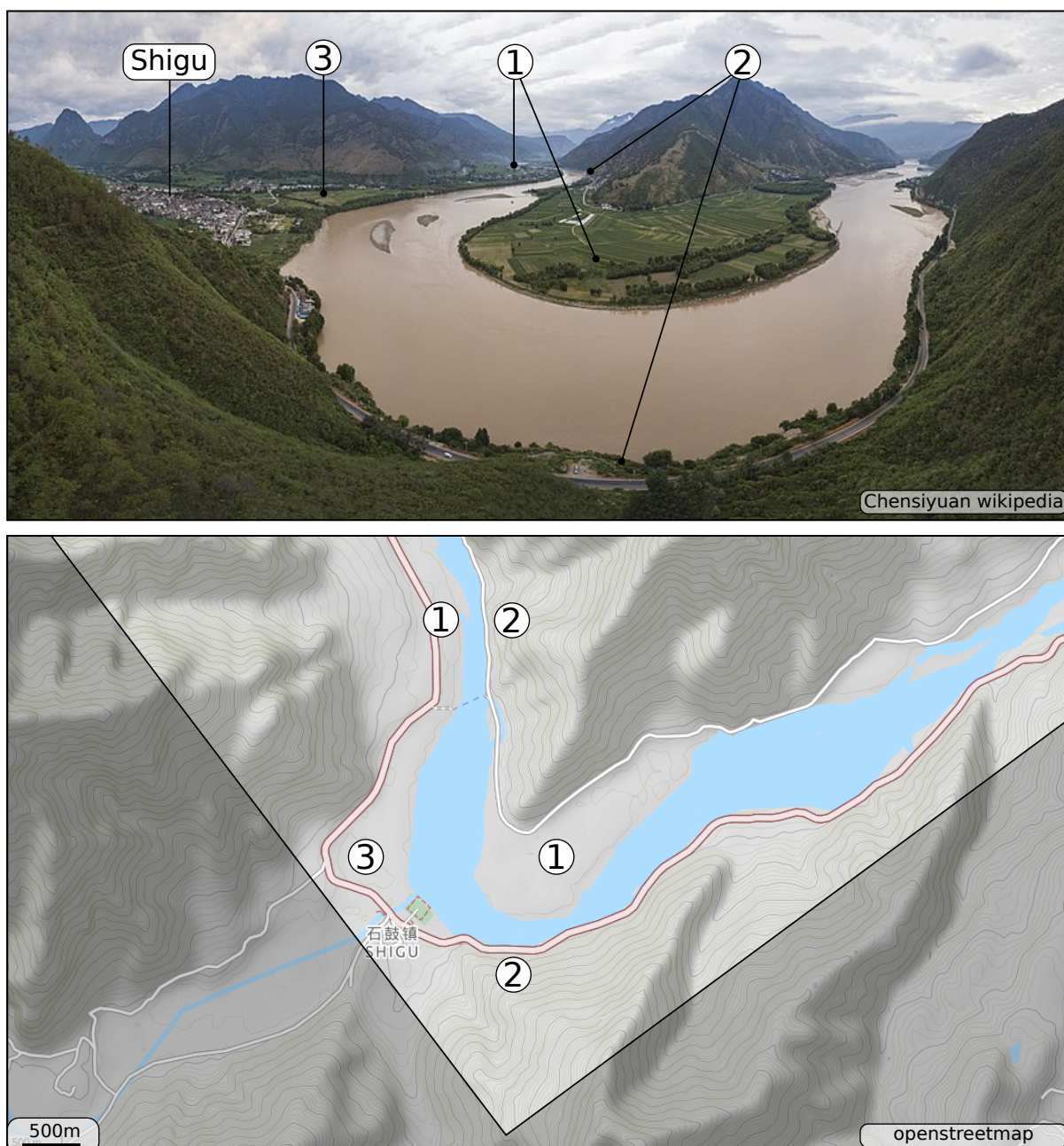


FIGURE 1.1 – Photo d’un paysage au niveau de la rivière Jinsha (amont du Fleuve Bleu) et carte de situation.

Les numéros correspondent à des structures que vous devez expliquer. Les traits noirs sur la carte représentent le champ visible sur la photographie. La carte permet de mieux estimer la géométrie réelle du paysage.

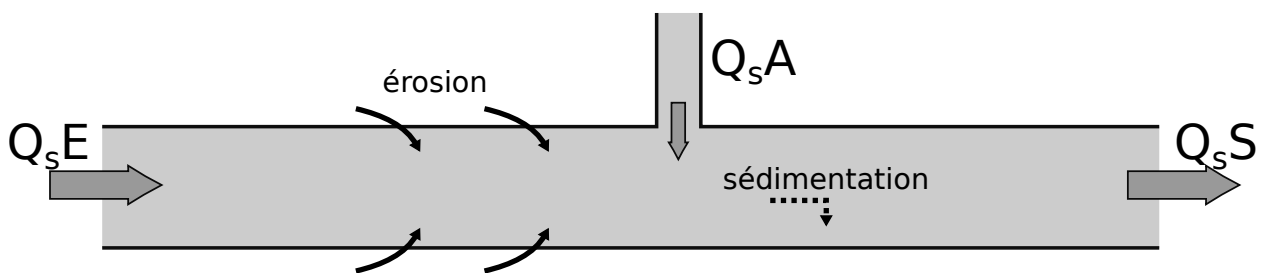
1.2 Impact de la construction d'un barrage sur le régime d'un fleuve : dynamique de l'envasement du lac de barrage des Trois Gorges

Le barrage des Trois Gorges sur le Fleuve Bleu (Chine) est le plus gros barrage du monde : le lac de barrage est encaissé dans trois gorges successives et mesure environ 1000 km de long pour 1 km de large, sa profondeur est d'environ 180 m. Il a été construit durant la fin du 20^e siècle et sa mise en eau a débuté en 2003. Ce barrage a pour fonction de produire de l'électricité, de réguler le débit du fleuve pour la navigation et de limiter les risques d'inondation. Il sert enfin de réservoir d'eau, et une partie des eaux stockées est détournée pour irriguer des zones arides au nord du bassin versant.

On cherche ici à quantifier et à caractériser l'envasement du lac de barrage suite à la mise en eau.

La charge sédimentaire d'un fleuve peut être évaluée en mesurant la quantité de sédiments en suspension dans de l'eau prélevée. Il est utile de mesurer la charge sédimentaire entre deux points du fleuve (entrée et sortie) afin d'en tirer des informations sur les processus ayant lieu entre les deux points. Ainsi, la charge sédimentaire mesurée en sortie, Q_{sS} , dépendra de plusieurs facteurs :

- La charge sédimentaire d'entrée Q_{sE} ;
- Le taux de sédimentation de particules dans le chenal ;
- L'érosion du chenal liée à l'écoulement de l'eau ;
- Les apports d'un éventuel affluent Q_{sA} ;



Des mesures de charge sédimentaire ont été effectuées au niveau de stations du Fleuve Bleu localisées à différents endroits du fleuve (voir figure 1.2). La charge d'entrée dans le lac des Trois Gorges est estimée en sommant la charge des quatre principaux affluents en amont. La charge de sortie est mesurée à Ychang, une quarantaine de kilomètres en aval du barrage.

Question 2

Justifiez le choix de la station Ychang pour mesurer la charge en sortie du barrage.

Question 3

Expliquez pourquoi les stations Cuntan (notée C), Qingxichang (Q) ou Zhutuo (Z) ne sont pas pertinentes pour estimer la charge d'entrée dans le lac, puis justifiez le choix de sommer les mesures faites au niveau des stations Pingshan (P), Gaochang (G), Beibei (B) et Wulong (W).

Question 4

À partir de la figure 1.3, interprétez les variations annuelles de la charge sédimentaire des affluents en amont des Trois Gorges (Q_{sE})

Question 5

À partir de la figure 1.3, interprétez les positions relatives des courbes de la charge sédimentaire des affluents en amont des Trois Gorges (Q_{sE}) et de la station Ychang (Q_{sY}) avant 2003, puis après 2003.



FIGURE 1.2 – Carte du bassin versant du Fleuve Bleu
(d'après Bangqi et al. (2009) [1])

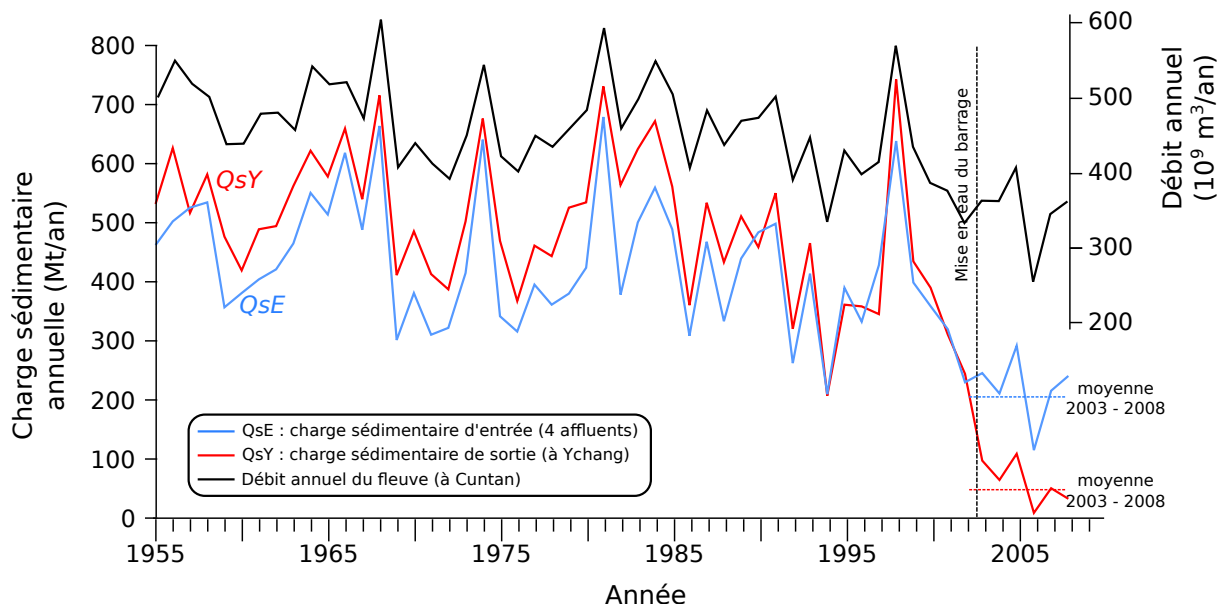


FIGURE 1.3 – Impact de la construction du barrage des Trois Gorges sur les flux sédimentaires entrant et sortant des Trois Gorges

QsE correspond à la charge sédimentaire d'entrée de la retenue des Trois Gorges, obtenue en sommant les charges des 4 principaux affluents (stations Pingshan, Gaochang, Beibei et Wulong). QsY correspond à la charge de sortie de la retenue, à Yichang, en aval du barrage. Pour information, les données du débit annuel du fleuve à Cuntan ont été ajoutées. (Bangqi et al. (2009) [1] : données de charge sédimentaire ; Hao et al. (2017) [3] : données de débit)

Question 6

À partir de la figure 1.3, estimez la masse de sédiments (notée M) accumulés annuellement dans le lac de barrage depuis sa construction.

Question 7

En vous basant sur votre estimation de la masse de sédiments déposés (notée M), et en considérant que le lac de barrage a une forme rectangulaire, d'une longueur $L = 1000$ km pour une largeur $l = 1$ km et que les boues sédimentées ont une masse volumique de $\rho = 2000 \text{ kg.m}^{-3}$, donnez une expression littérale ainsi qu'une estimation de la hauteur h de sédiments déposés annuellement dans le lac.

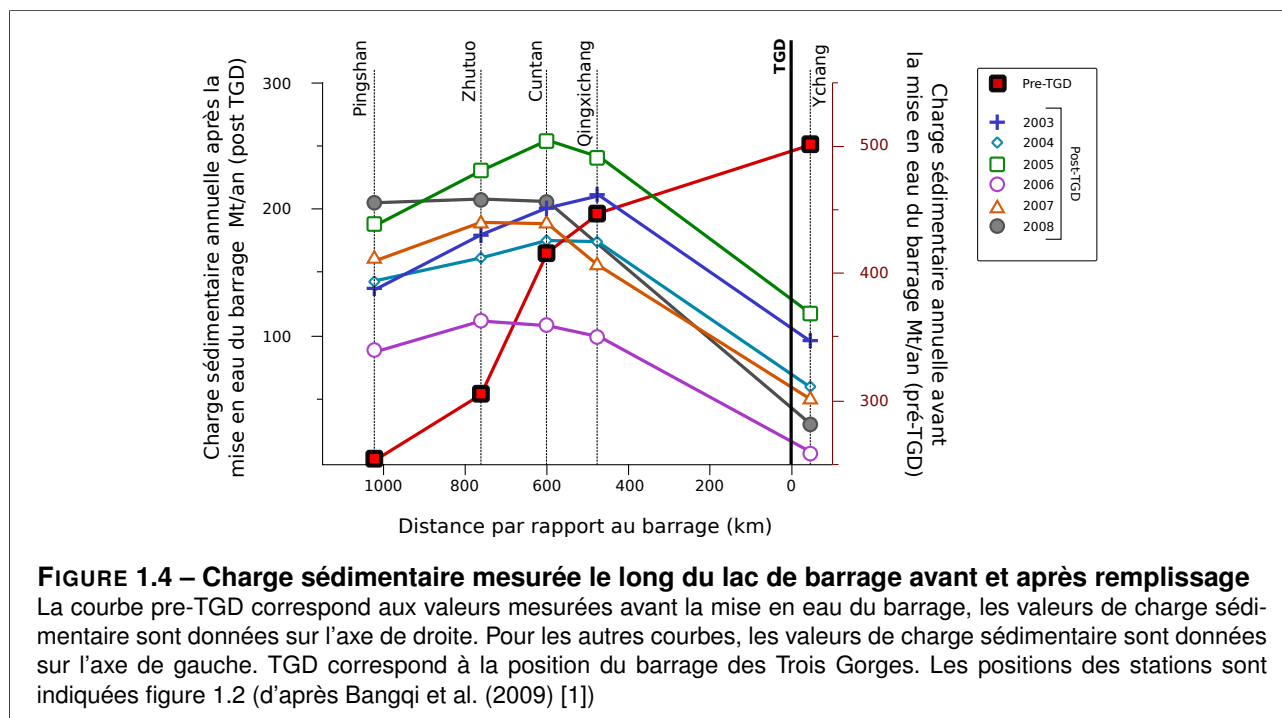
Des mesures de charge sédimentaire ont été effectuées le long du lac de barrage, dans sa partie en amont, centrale et en aval, avant et après la mise en eau du barrage. La position des stations est donnée figure 1.2.

Question 8

- Précisez ce que l'on peut déduire d'une augmentation ou d'une diminution de la charge sédimentaire entre deux stations contiguës.
- Une copie de la figure 1.4 et des représentations schématiques du chenal sont données sur l'annexe A3. Basez vous sur l'exemple donné pour la période pré-TGD pour compléter le schéma afin de localiser les zones du chenal soumises à érosion ou sédimentation pour les années 2003 et 2007.

Question 9

À partir de la figure 1.4 dans son ensemble, montrez que l'envasement du lac de barrage n'est pas uniforme dans le temps ni dans l'espace, et précisez sa dynamique.



Question 10

La figure 1.5 montre un événement de relargage massif d'eau au niveau du barrage des Trois Gorges. À partir du diagramme de Hjulstrom donné en annexe, expliquez l'intérêt de procéder à de tels relargages massif d'eau.



Thème 2 – Impact écologique de la mise en eau du barrage

La prolifération de méduses, autrement appelée bloom de méduses, est un phénomène de multiplication massive de certaines espèces de méduses. Il s'agit d'un type d'invasion biologique. Ce phénomène semble être devenu beaucoup plus courant vers la fin du 20^e siècle. L'action humaine (surpêche, réchauffement des eaux, pollution...) est potentiellement incriminée. Toutefois, on pense qu'il existe de nombreuses autres causes encore inconnues responsables de tels phénomènes.

Après la mise en eau du barrage des Trois Gorges, la mer de Chine a connu plusieurs blooms de méduse, ce qui a eu des conséquences économiques importantes, par exemple sur l'industrie de la pêche.

On cherche à vérifier si la mise en eau du barrage des Trois Gorges peut être un facteur aggravant de l'augmentation des blooms de méduse en mer de Chine.

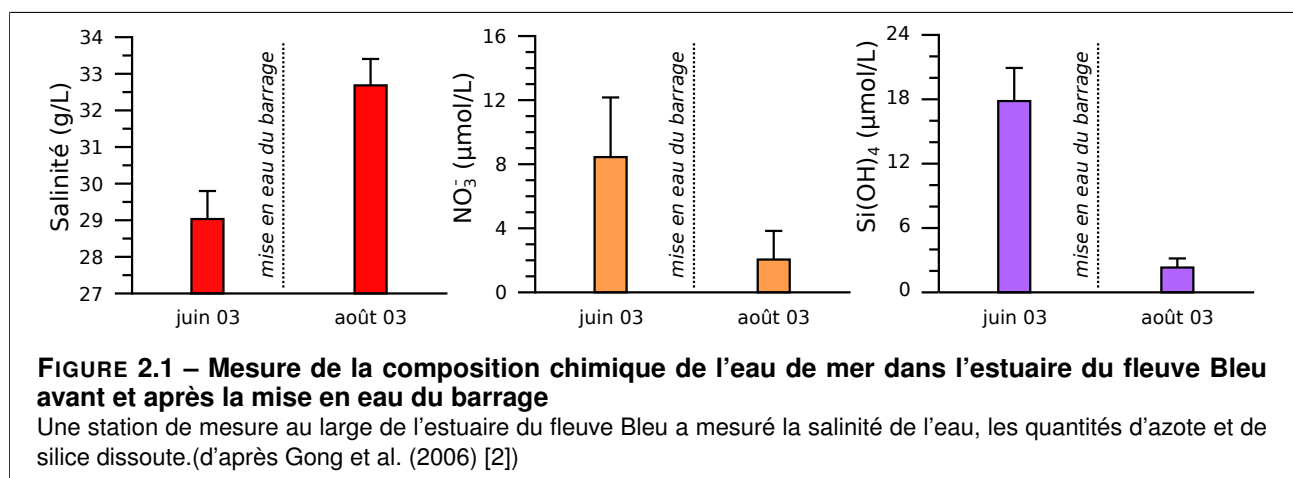
2.1 Impact de la mise en eau du barrage sur la composition de l'eau dans l'estuaire

Les nitrates (NO_3^-) drainés par les fleuves ont deux origines principales : soit ils sont issus de la dégradation de la matière organique par certains microorganismes, soit ils sont apportés sous forme d'intrants dans les cultures (engrais). Les nitrates sont très solubles dans l'eau.

Question 11

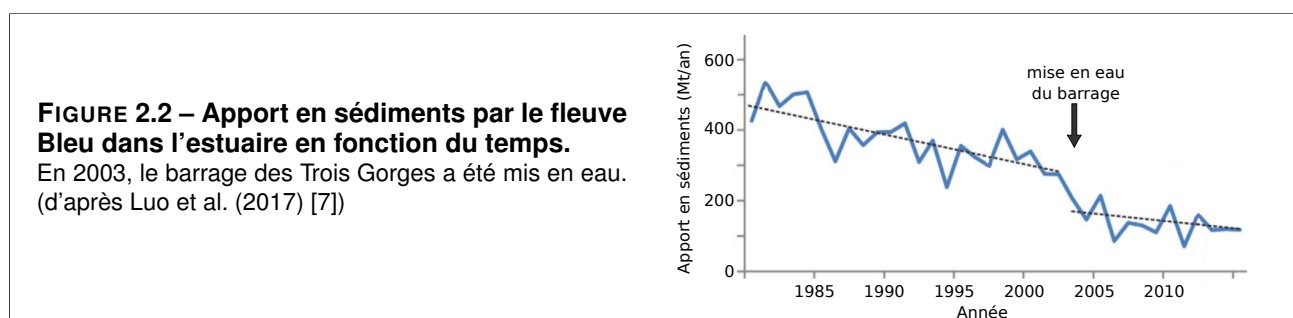
À partir de la figure 2.1, et sachant que la mise en eau du barrage en 2003 s'accompagne d'une séquestration importante d'eau en amont du barrage :

- expliquez la variation de salinité de l'eau de l'estuaire entre avant et après la mise en eau du barrage.
- proposez une cause aux variations de NO_3^- entre avant et après la mise en eau du barrage.



Question 12

À partir des figures 2.2 et 2.1, proposez une cause aux variations de Si(OH)_4 (silice dissoute) entre avant et après la mise en eau du barrage.



Le rapport entre quantité de silice dissoute et azote disponible est un facteur important pour la production de phytoplancton. On considère que tout l'azote est sous la forme NO_3^- .

Question 13

À partir de la figure 2.1, estimez les rapports Si/N avant et après la mise en eau du barrage (entre juin 2003 et août 2003), puis concluez sur l'évolution de ce ratio en fonction du temps.

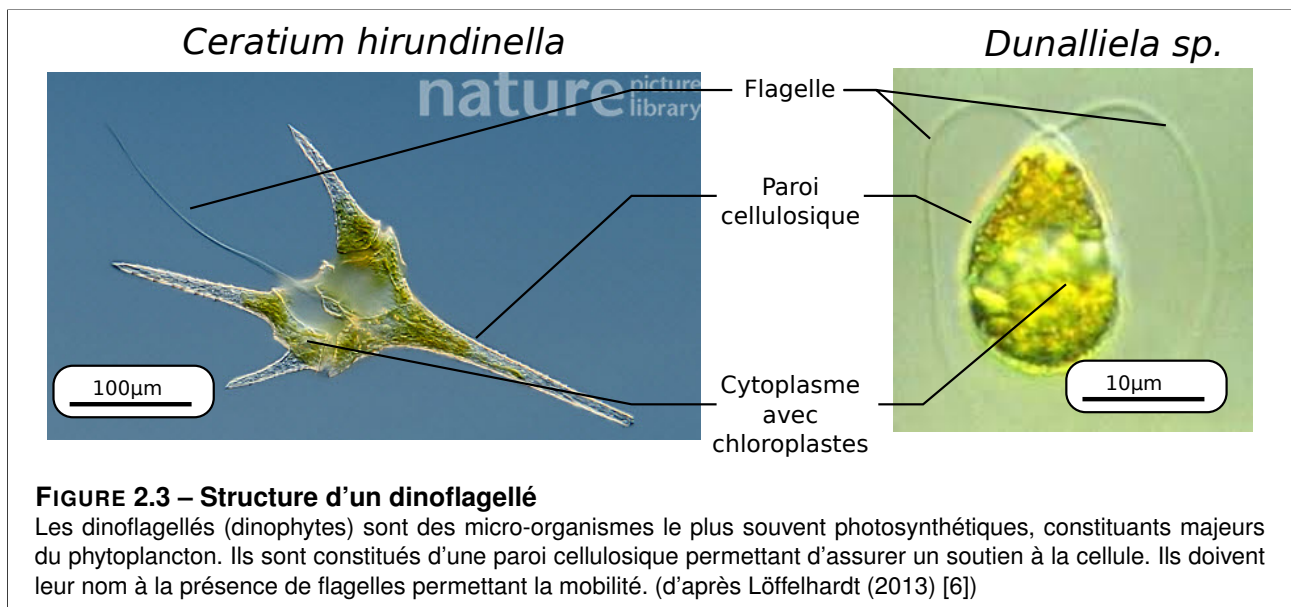
2.2 Impact de la composition du milieu sur la composition du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué de micro-organismes photosynthétiques. Ce phytoplancton est à la base des réseaux trophiques dans les milieux marins et dans les estuaires.

Deux types de micro-organismes sont majoritaires dans le phytoplancton : les diatomées et les dinoflagellés. Cependant, la proportion de l'un ou l'autre type peut varier en fonction des conditions du milieu et plus particulièrement en fonction de la nature des nutriments minéraux présents dans leur milieu.

On cherche ici à expliquer quelques aspects de la variabilité de la composition du phytoplancton en diatomées et dinoflagellés.

2.2.1 Diversité des dinoflagellés et structure de la paroi



Question 14

La paroi des dinoflagellés est principalement constituée de cellulose.

- Décrivez la structure de la cellulose à l'échelle moléculaire (un schéma est possible)
- Expliquez en quoi la structure de cette molécule explique la fonction de soutien de la paroi des dinoflagellés.

2.2.2 Structure de la paroi des diatomées et sensibilité aux conditions du milieu

Question 15

La figure 2.4 montre l'organisation générale des diatomées et la figure 2.5 présente la capacité de diatomées à se développer dans différents milieux.

- Analysez la figure 2.5 et concluez sur l'effet du ratio Si/N sur le développement des diatomées.
- Proposez une explication en vous basant sur la figure 2.4.

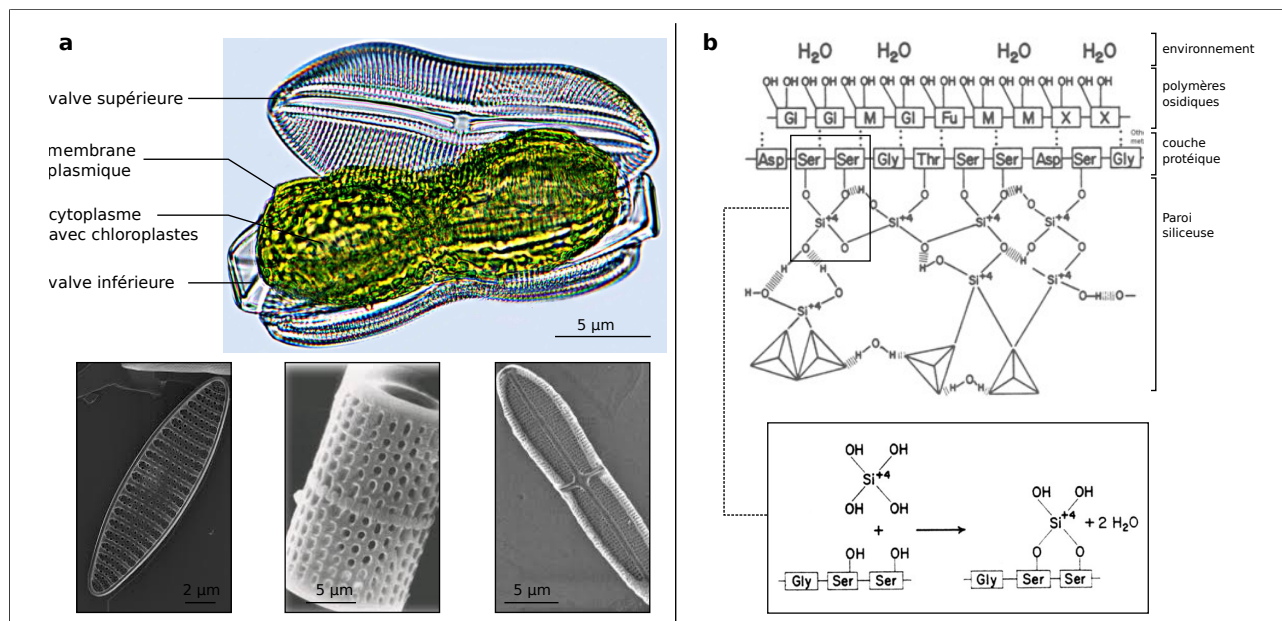


FIGURE 2.4 – Structure d'une diatomée et composition de la paroi

a : les diatomées sont des micro-organismes photosynthétiques, constituants majeurs du phytoplancton. Elles sont constituées d'un frustule, sorte de paroi divisée en 2 valves s'emboitant l'une dans l'autre. L'image du haut montre une diatomée dont les deux valves sont déboîtées. Il existe une très grande diversité de tailles et de formes.

b : la paroi est un assemblage moléculaire complexe de molécules osidiques et protéiques, rigidifié par une précipitation de silice amorphe. La silice précipitée forme des liaisons covalentes avec des groupements hydroxyles d'acides aminés. (d'après Hecky et al. (1973) [4])

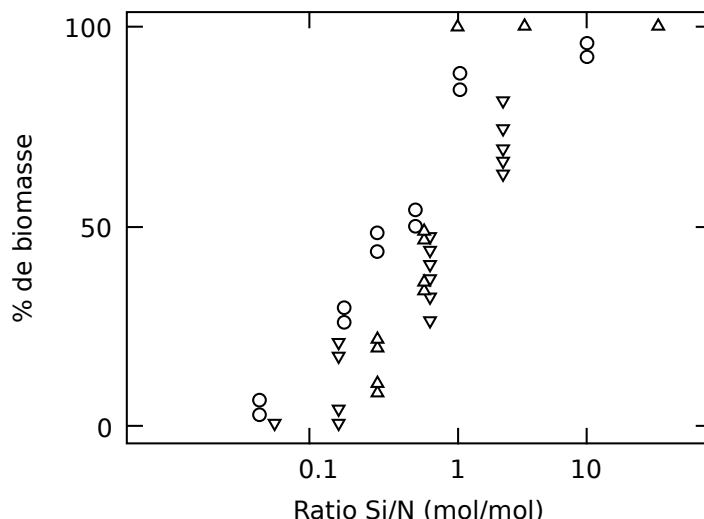


FIGURE 2.5 – Taux de croissance de différentes espèces de diatomées en fonction de la proportion en silice et en azote

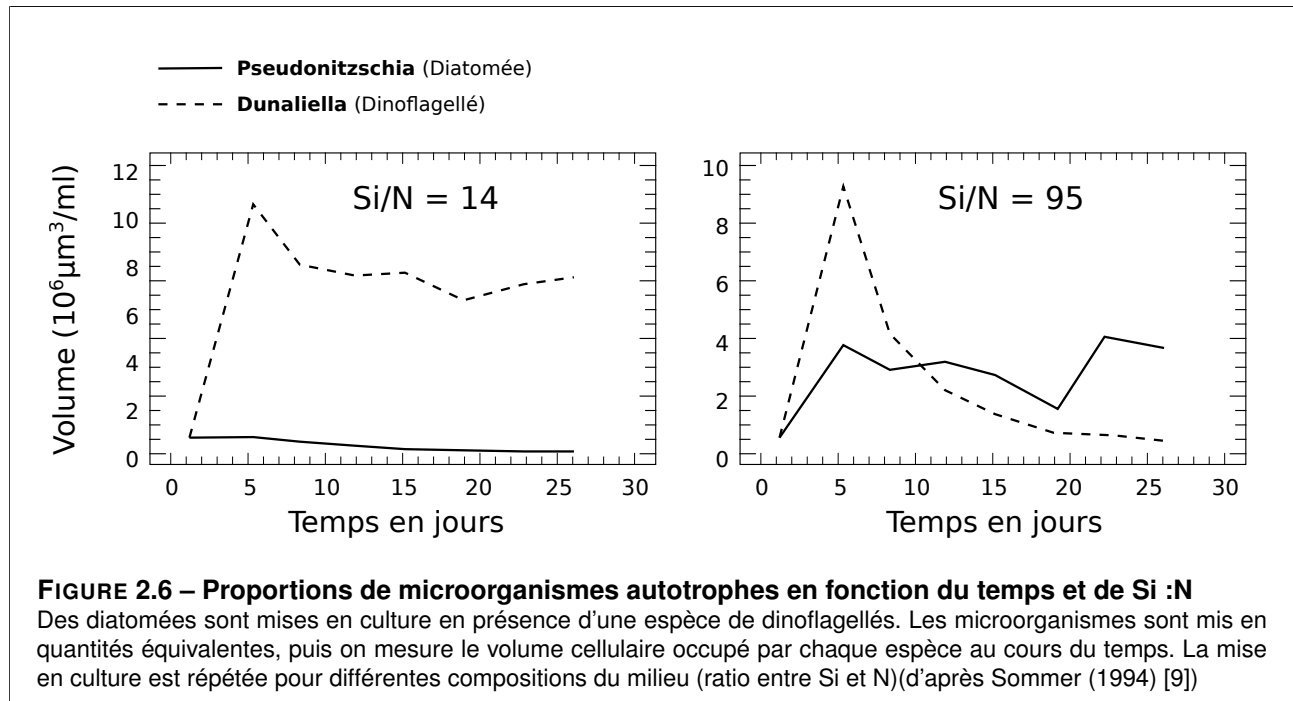
Trois espèces de diatomées sont mises en culture dans des milieux contenant différentes proportions de silice et d'azote. On mesure ensuite la quantité de diatomées produites, puis on normalise par rapport à la quantité maximale produite. Les différents symboles correspondent aux trois espèces de diatomées. (d'après Sommer et al. (2002) [10])

2.2.3 Effet du ratio Si/N sur la structure de la population de phytoplancton

Dans un estuaire, les diatomées et les dinoflagellés sont en compétition pour les ressources du milieu. On cherche à voir ici en quoi les conditions du milieu peuvent être favorables à l'une ou l'autre des espèces de phytoplancton.

Question 16

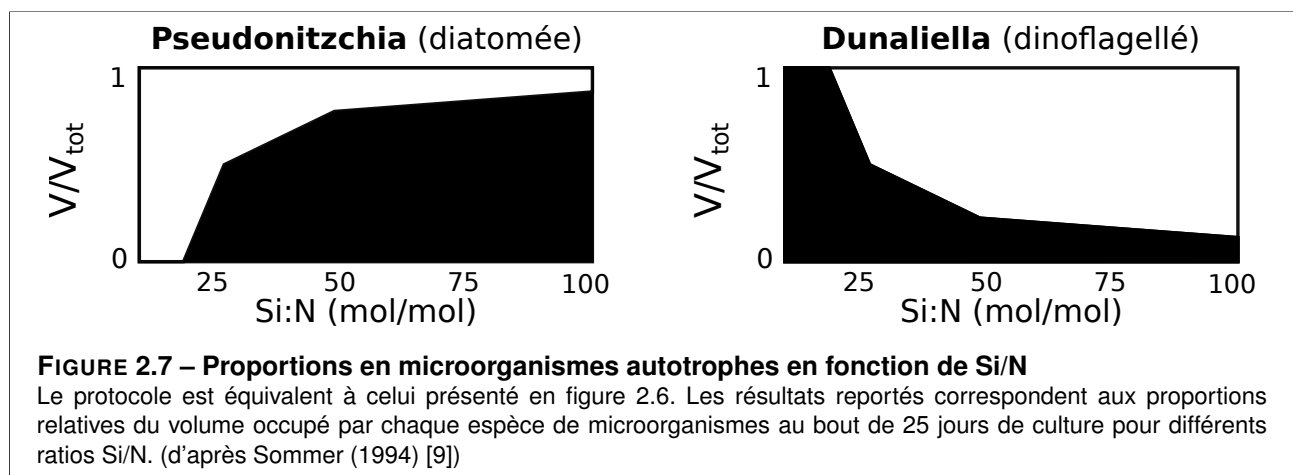
Analysez la figure 2.6. Vous commenterez plus particulièrement les variations de quantité en diatomées et en dinoflagellés en fonction du temps dans le cas Si/N = 95.



Question 17

Analysez la figure 2.7.

- Vous conclurez sur l'effet du ratio Si/N sur la structure de la population
- Vous proposerez une explication en vous basant sur les figures 2.3 et 2.4



2.3 Impact d'un changement de producteurs primaires sur le réseau trophique

Question 18

Analysez la figure 2.8.

	Cyanobactéries	Diatomées	Dinoflagellés
Juin 2003	1	77	22
Aout 2003	2	41	57
Juin / juillet 2004	7	27	66

FIGURE 2.8 – Proportions (%) de différents microorganismes photosynthétiques

Les mesures sont réalisées au large de l'estuaire du Fleuve Bleu avant et après le début du remplissage du barrage des Trois Gorges (été 2003). (d'après Gong et al. (2006) [2])

Question 19

Analysez la figure 2.9 puis proposez une explication en vous basant sur des arguments tirés de la figure 2.10 et de vos conclusions tirées de l'analyse de la figure 2.8.

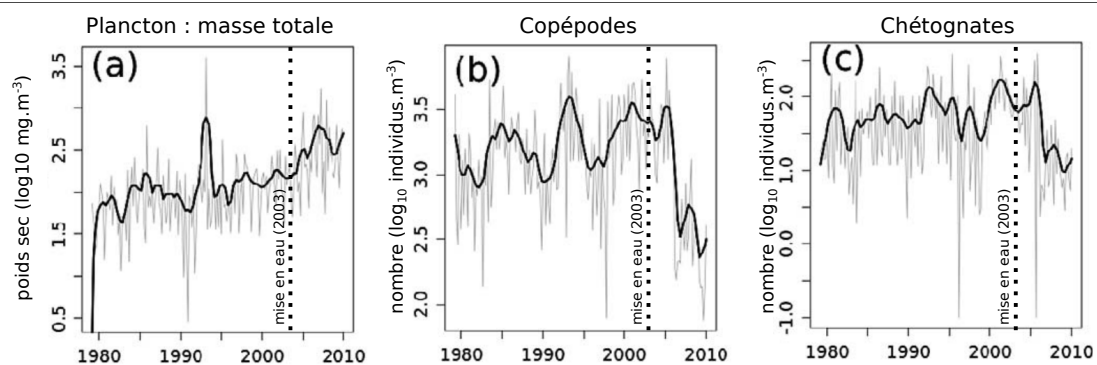
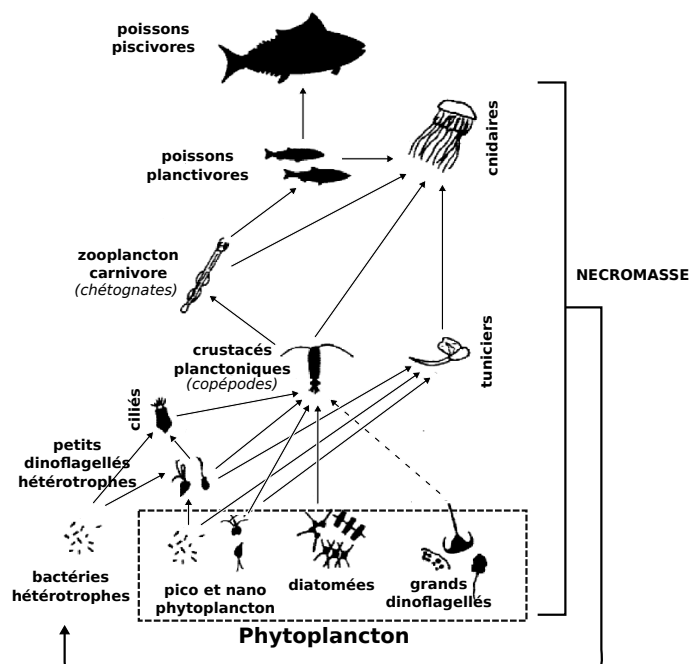


FIGURE 2.9 – Évolution de la quantité de plancton dans l'estuaire du Fleuve Bleu

(a) : quantité totale de plancton. (b) : nombre de copépodes par unité de volume d'eau de mer. (c) : nombre de chétognates (prédateur des copépodes) par unité de volume d'eau de mer. Les mesures (en gris) sont moyennées dans le temps (en noir). La mise en eau du barrage est indiquée (2003) (d'après Hwang et al. (2013) [5])

FIGURE 2.10 – Réseau trophique général dans un estuaire

Dans les estuaires, la turbidité importante de l'eau restreint la pénétration de la lumière : la zone éclairée (zone photique) est donc limitée. La production primaire est alors assurée par des microorganismes autotrophes vivant dans les premiers mètres de la colonne d'eau. Les microorganismes autotrophes sont rangés par taille croissante de gauche à droite. Les consommateurs primaires sont généralement de petite taille, et ne peuvent consommer que certaines gammes de taille de producteurs primaires. Ainsi, les copépodes (crustacés planctoniques) ne consomment pas les cyanobactéries (trop petites) et ont du mal à consommer les dinoflagellés de grande taille, alors que les tuniciers consomment préférentiellement des microorganismes de petite taille. (d'après Sommer et al. (2002) [10])



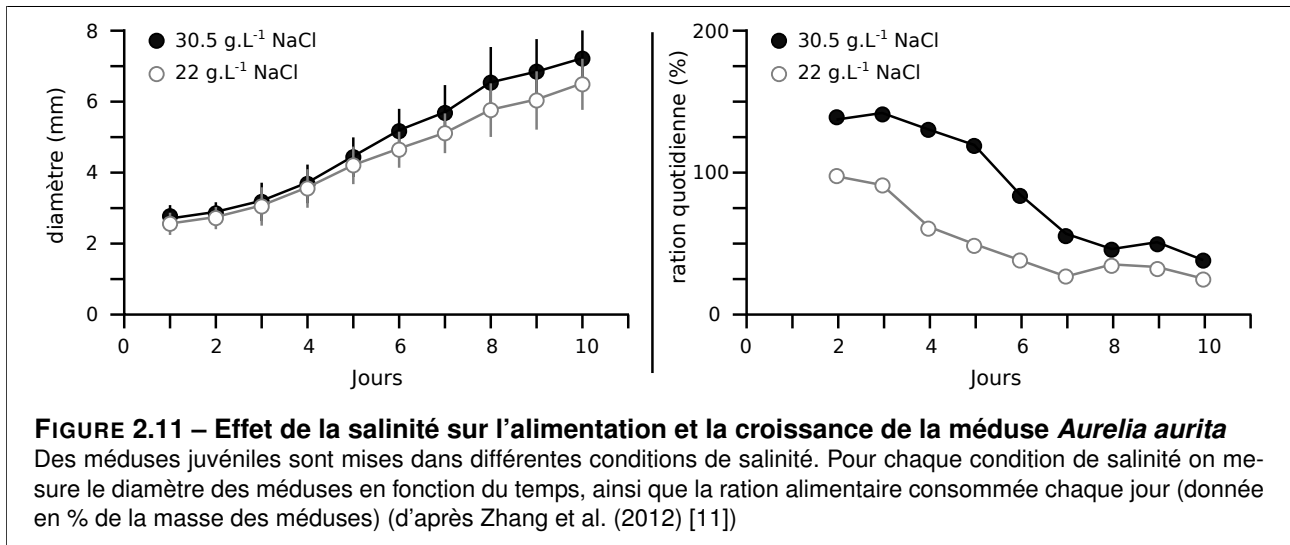
Question 20

À partir d'arguments tirés de la figure 2.10, expliquez quelles pourraient être les conséquences d'une diminution de la quantité de copépodes sur les maillons les plus élevés du réseau trophique d'un estuaire.

2.4 Impact de la salinité sur le développement des méduses

Question 21

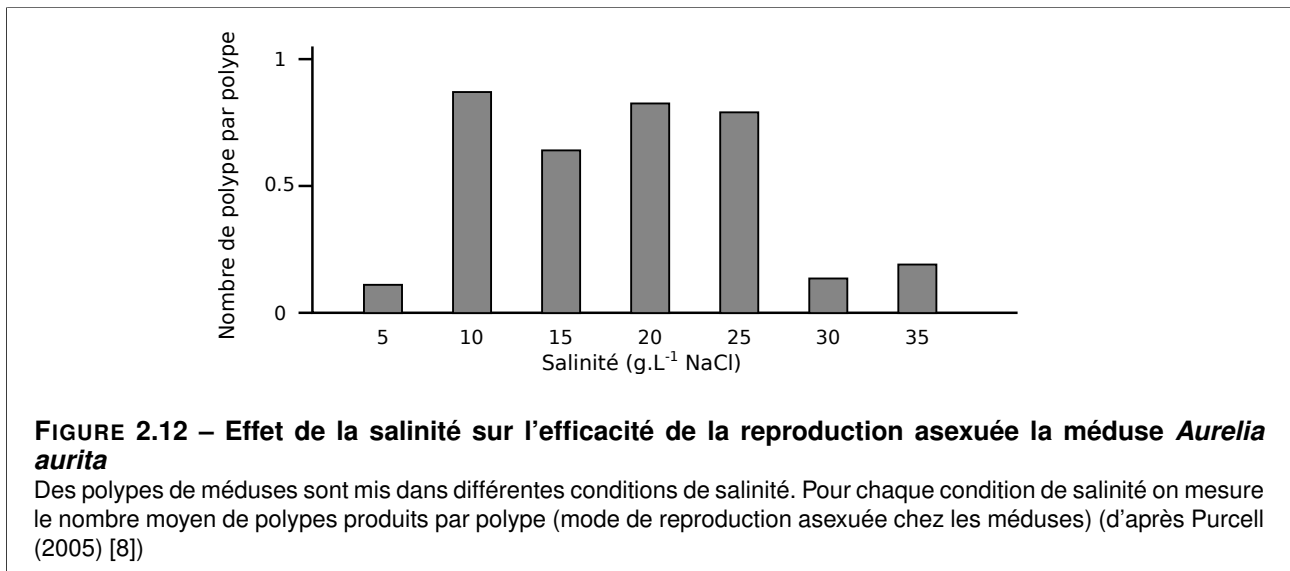
À partir de la figure 2.11, concluez sur l'effet de la salinité sur l'alimentation et la croissance des méduses.



Les méduses ont un cycle de reproduction en plusieurs étapes. Durant l'une de ces étapes, elles vivent fixées, et sont capables de se reproduire de manière asexuée. La forme fixée est appelée polype.

Question 22

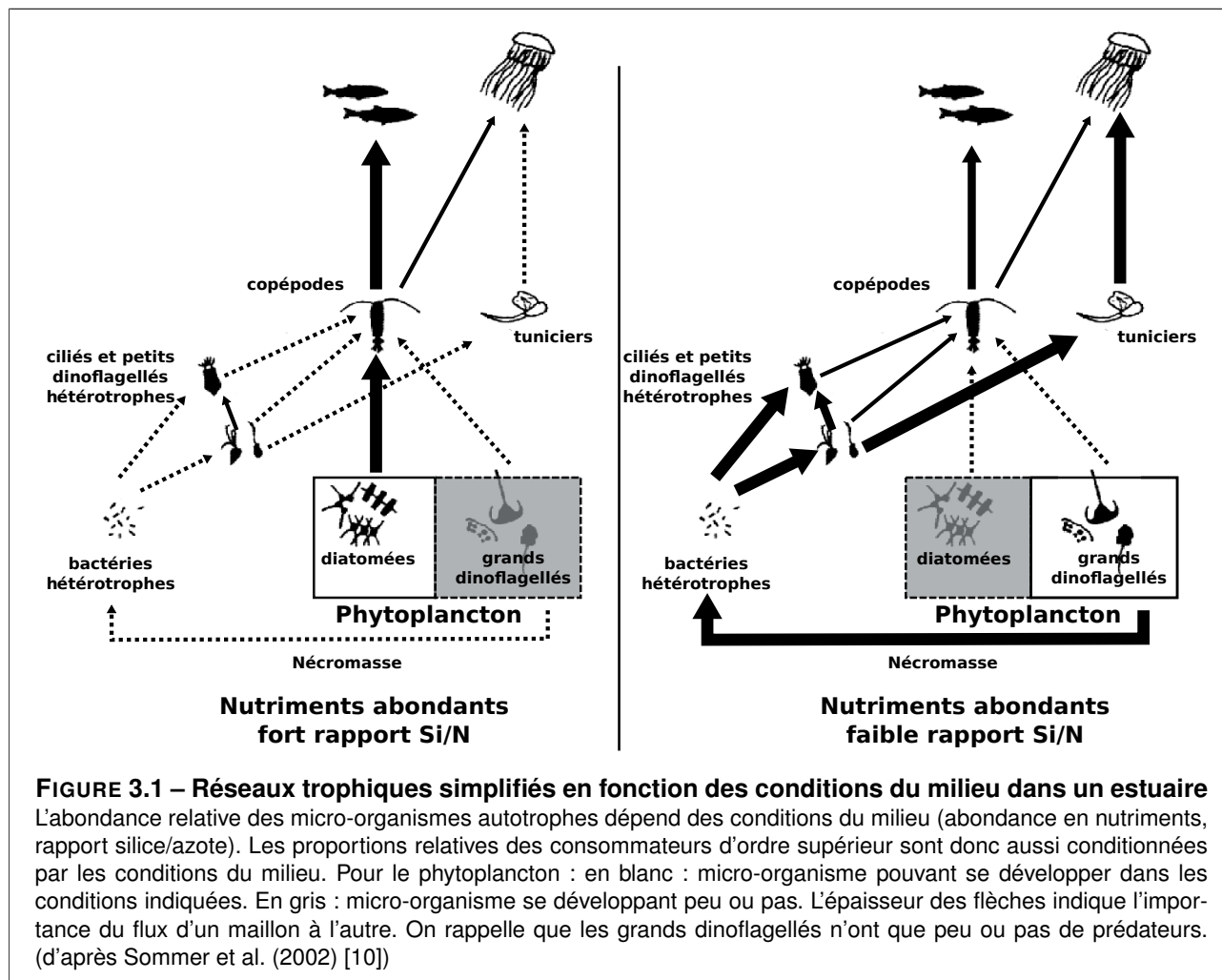
À partir de la figure 2.12, concluez sur l'effet de la salinité sur la capacité des méduses à se reproduire de manière asexuée.



Thème 3 – Bilan : liens entre mise en eau du barrage et modification de l'écosystème de l'estuaire du Fleuve Bleu

Question 23

À partir de l'ensemble de vos conclusions des parties I et II, ainsi que sur les données complémentaires présentées figure 3.1, complétez sur l'annexe A3 le schéma bilan remplaçant toutes les relations de cause à effet que vous avez relevées permettant de justifier que la mise en eau du barrage peut avoir des conséquences sur la prolifération des méduses et sur la production halieutique (production de poissons).



FIN DU SUJET