

GÉOLOGIE

Thème 1 : Etude d'une carte géologique

Question 1

Les formations sédimentaires c^8 à e_1 présentent des axes de symétrie orientés WNW – ESE, on observe de plus des signes de pendage indiquant soit un pendage vers le N, soit un pendage vers le S : ces formations sont plissées, les axes de symétrie correspondent aux axes des plis.

La formation c^{5-4} présente des signes de pendage qui montrent un pendage vers le N pour l'un, vers le S pour l'autre : elle est également plissée.

La répartition des âges des formations permet d'identifier un pli synclinal et un pli anticlinal.

Question 2

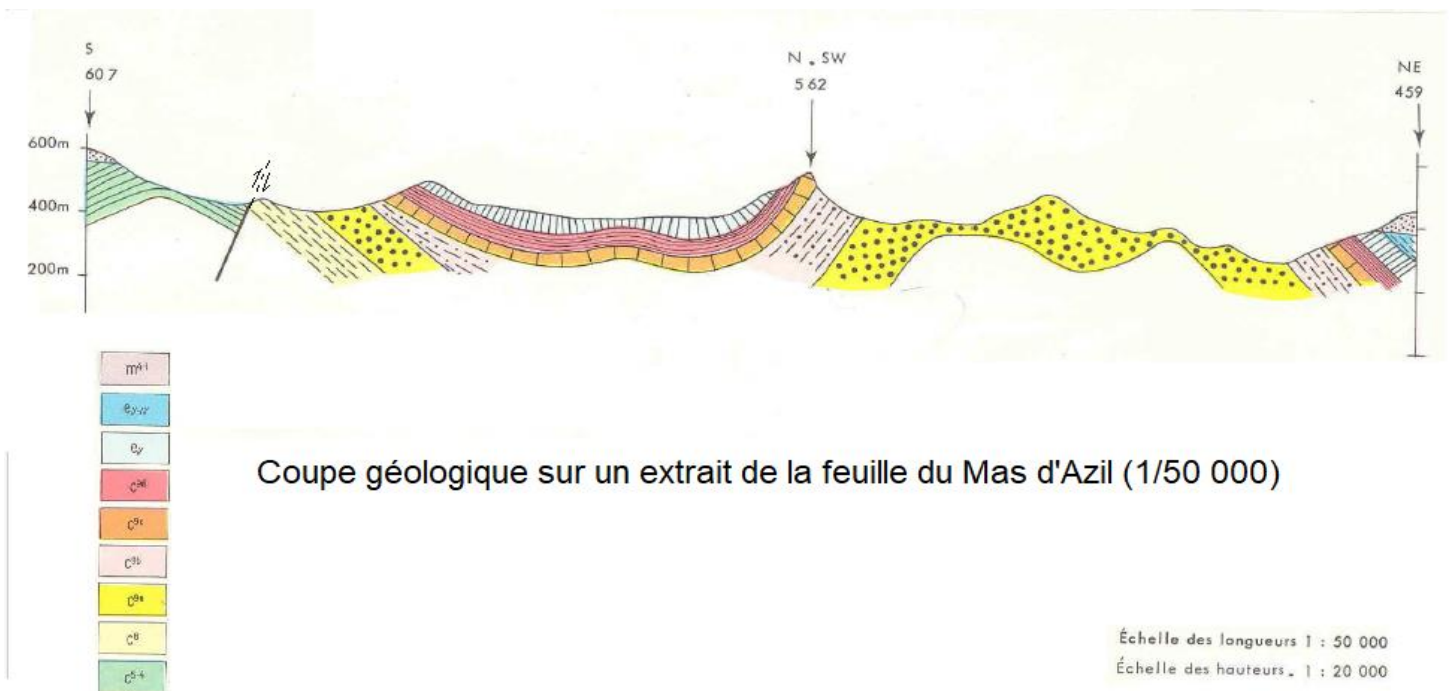
L'orientation du plan de faille parallèle aux plis suggère que la faille résulte du même contexte géodynamique (ce qui est cohérent avec l'âge des terrains affectés) et qu'il s'agit d'une faille inverse.

On relève que le plan de faille est légèrement dévié vers le Nord au niveau d'une butte, au SE de la carte, il marque également un V ouvert au niveau d'une vallée, dont la pointe est orientée vers le S. Le pendage du plan de faille est donc Sud. Les terrains au Nord étant plus jeunes que ceux au Sud, le toit (terrains au S) est remonté par rapport au mur (terrains au N). Il s'agit d'une faille inverse.

Question 3

Les contours géologiques de la formation m^{4-1} ont une géométrie bien différente des autres formations, ils présentent de nombreux points triples avec les contours des autres formations et suivent les courbes de niveau : les terrains m^{4-1} sont en discordance sur les autres, et tabulaires.

Question 4



Attention à bien repérer les terrains en discordance.

Ne pas trop exagérer l'épaisseur des couches, cela entraîne une exagération des pendages.

Pensez à :

Indiquer le jeu de la faille sur la coupe

Représenter les figurés selon l'orientation des couches sédimentaires

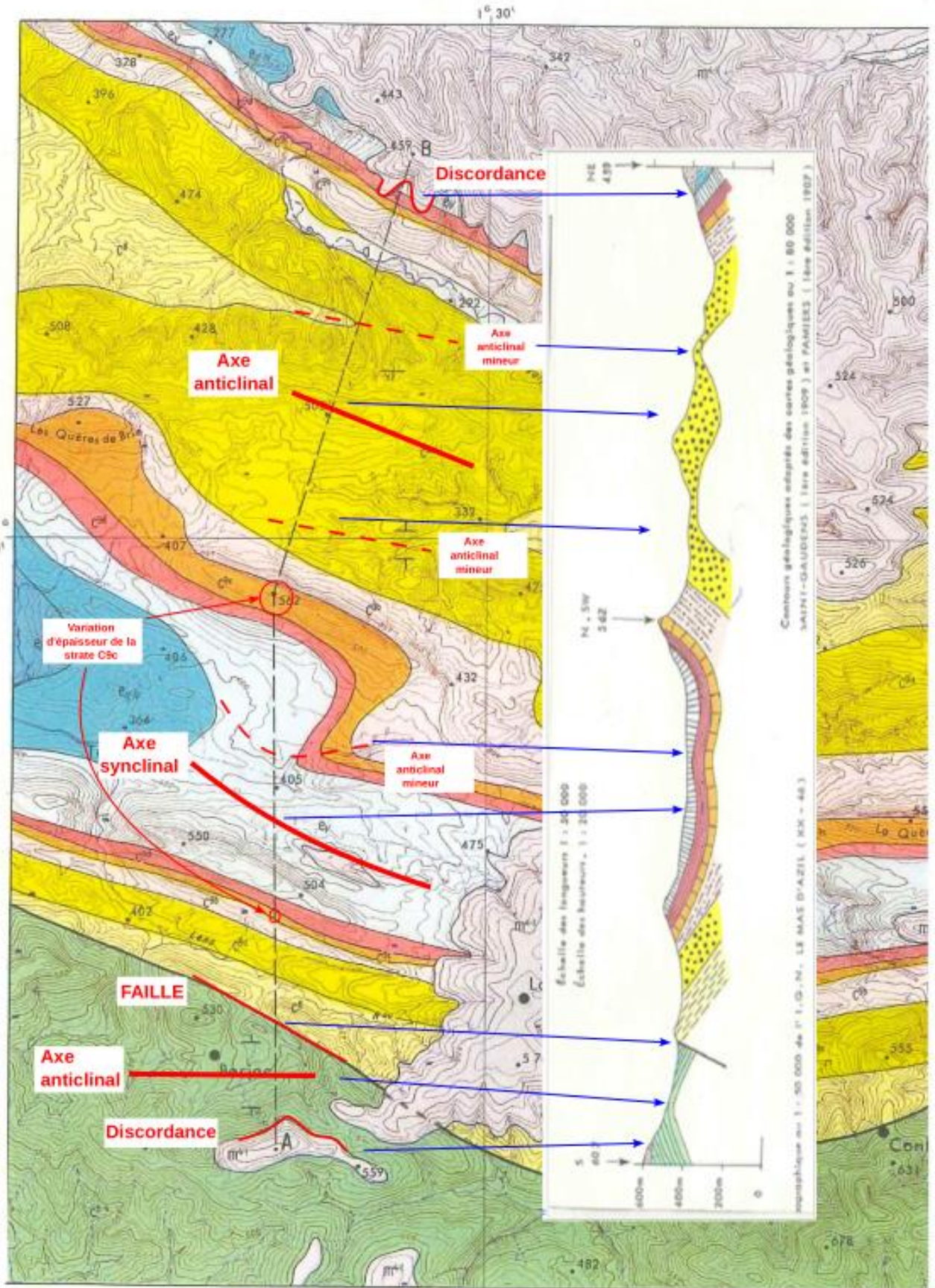
Faire une légende reliant figurés et terrains représentés

Indiquer une échelle (si elle n'est pas déjà présente) et donner un titre

Voir page suivante les éléments clé de la carte pour la construction de la coupe.

Extrait de la carte de Sainte – Croix au 1 / 50 000^e

LÉGENDE



L'équidistance des courbes est de 10 m

Echelle 1:50 000
0 1 2 km

Thème 2 – 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.**

La structure 1, située sur la rive convexe du fleuve, présente une topographie plate alors que la structure 2, située sur sa rive concave, présente une forte pente vers le fleuve. La structure 1 correspond à une zone de dépôt alors que la structure 2 correspond à une zone d'érosion.

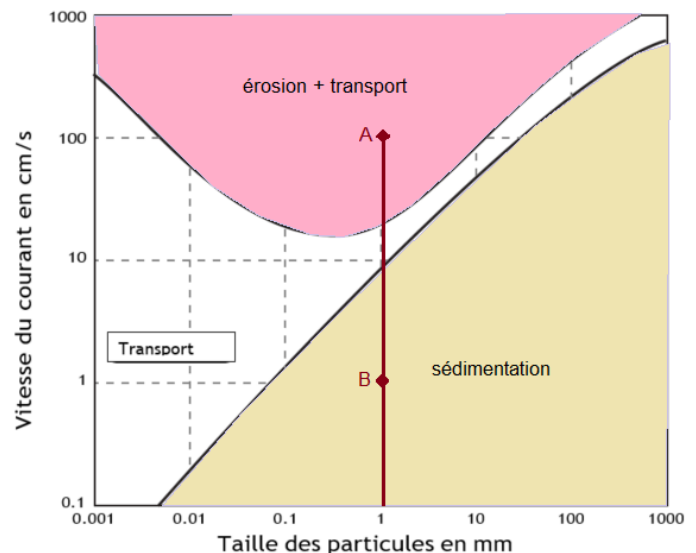
• **À partir du diagramme de Hjulström donné en annexe A3, expliquez l'origine des structures notées 1 et 2.**

D'après le diagramme de Hjulström, pour une particule de taille donnée (par ex 1 mm sur le diagramme annoté ci-contre), une zone de sédimentation s'explique par une faible vitesse de l'eau (1 cm/s en B), ce qui doit se produire dans la zone interne du méandre.

En revanche, l'érosion dans la zone 2 est à mettre en lien avec une vitesse de courant élevée dans la zone externe du méandre (100 cm/s en A).

• **Proposez une hypothèse pour expliquer la structure notée 3.**

Pour la structure notée 3, on constate, comme dans la zone 1, une topographie plate. On peut repérer sur la carte de situation l'existence d'un affluent et on peut supposer qu'il s'agit d'une zone de dépôt liée à une faible vitesse du cours d'eau dans cette zone.



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

Question 2

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

La station de Ychang est située à 40 km en aval du barrage et donc à la sortie de celui-ci. Elle est suffisamment proche du barrage pour être représentative et il n'y a pas d'affluent qui pourrait modifier la charge sédimentaire entre cette station et la 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).

Les stations Cuntan (notée C), Qingxichang (Q) ou Zhutuo (Z) sont situées dans le lac, il peut donc y avoir des phénomènes d'érosion et/ou de sédimentation susceptibles de modifier la charge sédimentaire d'entrée.

D'autre part, il existe des affluents entre ces stations qui modifient l'apport sédimentaire. Aucune de ces stations n'est donc pertinente pour estimer la charge d'entrée dans le lac.

Les stations Pingshan (P), Gaochang (G), Beibei (B) et Wulong (W) sont toutes situées avant le lac et localisées sur les affluents principaux, on peut donc supposer que la somme des charges sédimentaires mesurées au niveau de ces stations représente la charge sédimentaire d'entrée du lac.

Question 4

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

On observe que les variations annuelles de la charge sédimentaire des affluents en amont des Trois Gorges (QsE) sont corrélées aux variations du débit annuel du fleuve représenté par la courbe du dessus dans le graphique. Plus le débit est important (pouvant être lié à une variation de pluviométrie), par exemple $600 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ en 1968, plus les sédiments sont transportés, environ 675 Mt/an pour la charge sédimentaire d'entrée QsE.

Or le débit est le produit de la section du chenal par la vitesse du courant, par conséquent un débit plus élevé correspond à une vitesse plus élevée, qui explique une charge sédimentaire plus importante.

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 (QsE) et de la station Ychang (QsY) avant 2003, puis après 2003.

On constate que QsY, charge sédimentaire de sortie, est supérieure à QsE, charge sédimentaire d'entrée, avant 2003 (écart inférieur à 150 Mt/an) alors que c'est l'inverse ensuite : il y a donc érosion dans le chenal avant 2003 et sédimentation ensuite.

La mise en place du barrage a induit un changement de régime que l'on peut expliquer par une diminution de la vitesse du courant.

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.

La masse de sédiments accumulés annuellement correspond à la différence des moyennes Qse 2003-2008 – QsY 2003-2008 soit environ 150 Mt/an.

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.

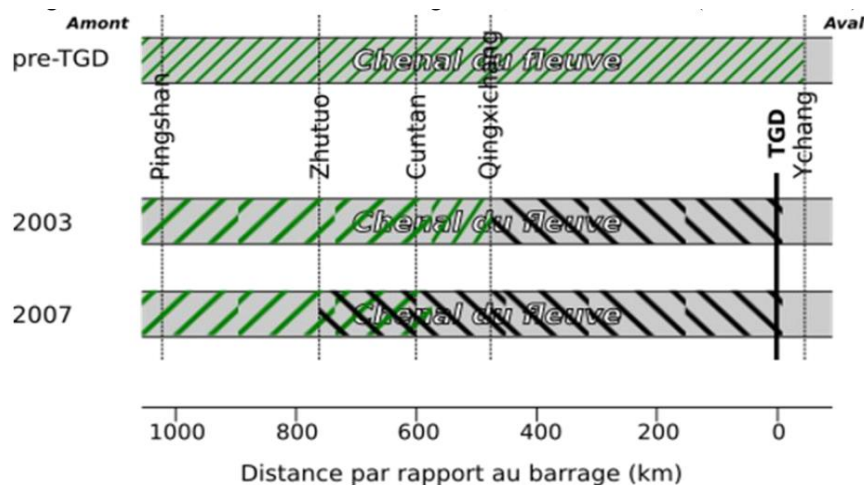
On peut écrire $h = M / (\rho \cdot L \cdot l)$ soit environ 0,075 m/an.

Question 8

• Précisez ce que l'on peut déduire d'une augmentation ou d'une diminution de la charge sédimentaire entre deux stations contiguës.

Lorsque la charge sédimentaire entre deux stations augmente, l'érosion domine (et inversement).

• Une copie de la figure 1.4 et des représentations schématisques du chenal sont données sur l'annexe A3. Basez-vous sur l'exemple donné pour la période pré-TDG pour compléter le schéma afin de localiser les zones du chenal soumises à érosion ou sédimentation pour les années 2003 et 2007.



Thème 3 – Impact écologique de la mise en eau du barrage

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

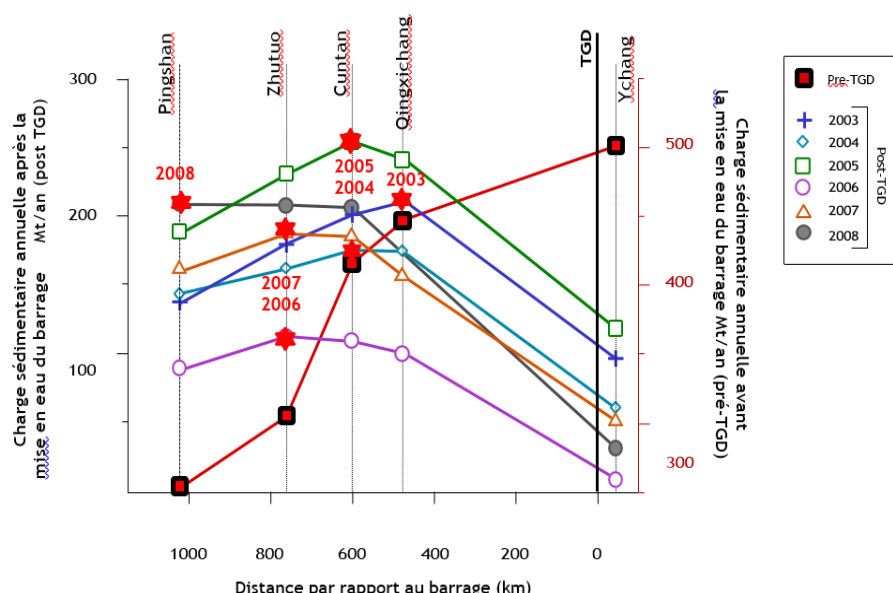
Question 9

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.

Avant la mise en eau du barrage (colorier sur le document fourni en annexe la courbe correspondante et la mentionner dans vos explications pour la mettre en évidence), la charge sédimentaire annuelle augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche du site du barrage ; il y a donc érosion et prise en charge de sédiments par le fleuve tout le long du chenal.

En 2003 après la mise en eau du barrage, la charge sédimentaire augmente jusqu'à 480 km (station de Qingxichang) en amont du barrage, puis diminue (par exemple repérer par deux couleurs différentes ces deux secteurs de la courbe) : on passe d'un régime d'érosion (ou d'apport sédimentaire par les affluents) en amont du lac à un régime de sédimentation à proximité du barrage où il y a donc envasement. L'envasement du lac de barrage n'est pas uniforme dans l'espace.

On constate également que le maximum de charge sédimentaire (utiliser une autre couleur pour mettre en évidence le point correspondant à la charge maximale pour chaque année) est localisé à la station de Cuntan (600 km en amont du barrage) en 2004 et 2005, puis à la station de Zhuti (750 km en amont du barrage) de 2006 à 2008 : il se décale vers l'amont du barrage au cours du temps. On passe donc progressivement d'une dynamique d'érosion à une dynamique de sédimentation vers l'amont au fur et à mesure des années. L'envasement du lac de barrage n'est pas uniforme dans le temps.



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 Hjülstrom donné en annexe, expliquez l'intérêt de procéder à de tels relargages massif d'eau.

Le relargage massif augmente la vitesse du courant, ce qui permet d'augmenter le transport de particules et donc de purger le lac. La couleur sombre de l'eau témoigne de sa charge sédimentaire importante. Ces relargages massifs pourraient donc permettre de limiter l'envasement du lac de barrage.

BIOLOGIE

Thème 3 – Impact écologique de la mise en eau du barrage

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

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.

La salinité dans l'estuaire passe de 29 à 32,5 g/L entre juin et août 2003, les barres d'erreurs ne se recoupent pas : la salinité augmente de façon significative alors que la mise en eau du barrage a débuté entre ces deux dates.

L'estuaire, ou embouchure du cours d'eau, correspond à la zone de rencontre entre l'eau douce apportée par le fleuve et l'eau de mer. Sachant que la mise en eau du barrage s'est accompagnée d'une importante séquestration d'eau douce, elle a eu pour conséquence une pénétration plus importante d'eau de mer dans l'estuaire, qui entraîne une augmentation de la salinité de l'estuaire.

La teneur en nitrates dans l'estuaire passe de 8,5 à 2 $\mu\text{mol/L}$ entre juin et août 2003, les barres d'erreur ne se chevauchant pas : la mise en eau du barrage s'accompagne d'une diminution significative de cette teneur en nitrates dans les eaux de l'estuaire.

Les nitrates drainés par le fleuve sont stockés avec l'eau séquestrée en amont du barrage, d'où leur diminution dans l'eau de l'estuaire.

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.

La teneur en silice dissoute dans l'estuaire était de 18 $\mu\text{mol/L}$ avant la mise en eau du barrage, elle passe à 2 $\mu\text{mol/L}$ en août 2003, les barres d'erreur ne se recoupant pas : elle diminue significativement après la mise en eau du barrage. Juste avant la mise en eau du barrage, l'apport en sédiments était de 300 Mt/an, il passe à 175 Mt/an juste après.

La séquestration de l'eau en amont du barrage s'accompagne d'une sédimentation. Il y a donc moins d'érosion et de sédiments transportés, qui sont une source de silice dissoute par altération, ce qui explique la diminution constatée.

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.

Le rapport Si/N est d'environ 18/8,5 ≈ 2 avant la mise en eau du barrage alors qu'il est environ de 1 après la mise en eau. Ce ratio diminue au cours du temps en conséquence de la mise en eau du barrage.

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

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.

La cellulose est un homopolymère linéaire de glucoses β unis par des liaisons covalentes 1-4 (ou de cellobiose = 2 glucoses liés en β 1-4). Les molécules de cellulose sont assemblées et maintenues entre elles par des liaisons hydrogènes interchaînes, ce qui forme des microfibrilles résistantes à l'étirement.

La présence de macromolécules de cellulose dans la paroi des dinoflagellés assure un soutien de la cellule avec une résistance à la traction, une certaine solidité ainsi qu'une rigidité à l'échelle de la cellule.

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.

Pour les trois espèces de diatomées étudiées, plus le ratio Si/N est élevé, plus le pourcentage de biomasse (qui représente la quantité de diatomées produites par rapport à la quantité maximale) est important, avec une proportionnalité. Ce pourcentage est inférieur à 10 pour un ratio Si/N de 0,1, il est de plus de 60 % quand le ratio Si/N est supérieur ou égal à 1. Un ratio élevé est donc favorable à la multiplication des diatomées.

On constate sur la figure 2.4 que la silice intervient dans la structure de la paroi et on peut donc supposer qu'elle est nécessaire à leur développement ainsi qu'à leur multiplication. L'augmentation du pourcentage de biomasse étant proportionnelle au ratio Si/N, la silice doit constituer un facteur limitant impliqué dans le développement et la multiplication des diatomées.

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.

- Lorsque le ratio Si/N est faible (Si/N=14) : le volume cellulaire des dinoflagellés augmente rapidement, pour atteindre $10,5 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$ au bout de 6 jours, et il reste élevé même s'il présente des fluctuations, alors que le volume cellulaire des diatomées reste inférieur à $1 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$.
- Lorsque le ratio Si/N est fort (Si/N=95) : le volume cellulaire des dinoflagellés augmente rapidement, pour atteindre là aussi $10,5 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$ au bout de 6 jours, mais il diminue ensuite et devient inférieur à celui des diatomées à partir du 10^e jour. Il continue ensuite à diminuer. Quant aux diatomées, leur volume cellulaire augmente jusqu'au 6^e jour où il atteint presque $4 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$, puis fluctue autour de $3 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$.

Le volume cellulaire occupé par chaque espèce traduit l'effectif de cette espèce.

Ainsi, si le ratio Si/N du milieu est fort, les diatomées, qui se multiplient moins vite que les dinoflagellés, ont les ressources leur permettant de devenir l'espèce dominante. Ces deux espèces sont en compétition pour les ressources du milieu et un fort ratio Si/N favorise la multiplication des diatomées au détriment des dinoflagellés.

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

On mesure les proportions relatives du volume occupé par chaque espèce de microorganismes – qui renseignent sur l'effectif relatif des deux espèces – au bout de 25 jours de culture pour différents ratios Si/N. On constate que ces deux espèces occupent 50 % du volume total pour un ratio Si/N de 25, en deçà c'est *Dunaliella* (dinoflagellé) qui domine, au-delà c'est la diatomée.

Ainsi, la structure de la population change en fonction de ce ratio.

La silice est présente dans la paroi des diatomées alors qu'elle est absente de la paroi des dinoflagellés, et on a vu que lorsque la silice est présente, le taux de croissance des diatomées est très important. Le ratio Si/N constitue un facteur limitant pour cette espèce, et lorsque ce ratio est suffisant, les diatomées, en compétition avec les autres espèces de phytoplancton pour les ressources du milieu, deviennent alors l'espèce dominante.

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

Question 18

Analysez la figure 2.8.

Avant la mise en eau du barrage, les diatomées représentent 77 % des microorganismes photosynthétiques, les dinoflagellés 22 % et les cyanobactéries 1 %. Après la mise en eau du barrage, on constate une baisse de la proportion de diatomées alors que les proportions de dinoflagellés et de cyanobactéries augmentent. Elles atteignent respectivement 27, 66 et 7 % en juin/juillet 2004.

Comme nous l'avons vu précédemment (questions 11 à 13), la mise en eau du barrage a provoqué une diminution du rapport Si/N en lien avec la séquestration des nitrates et des sédiments avec l'eau retenue.

Cette diminution du rapport Si/N rend les espèces de diatomées moins compétitives par rapport aux espèces de dinoflagellés et de cyanobactéries, ce qui explique que leurs proportions s'inversent dans le milieu.

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.

À partir de 2006, le nombre de chétognates et de copépodes baisse de manière importante puisque l'échelle est logarithmique (respectivement, de 2 à 1 et de 3,5 à 2,5 $\log_{10}$ individus.m⁻³).

Or les chétognates sont des prédateurs de copépodes qui se nourrissent eux-mêmes de diatomées dont nous avons vu que le nombre baisse en lien avec la diminution du rapport Si/N lié à la mise en eau du barrage.

En revanche, la masse totale du plancton ne diminue pas.

La modification du biotope, en affectant certaines espèces du premier maillon de la chaîne trophique, peut avoir des conséquences sur d'autres maillons, par le biais de liens trophiques.

Toutes les espèces planctoniques ne sont pas affectées de la même manière dans le réseau trophique.

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.

Si le nombre de copépodes baisse, cela entraîne une baisse du nombre de chétognates et par conséquent une baisse du nombre de poissons planctivores, puis piscivores.

En parallèle, si le nombre de copépodes baisse, cela entraîne également une augmentation du nombre de pico/nanoplancton/petits flagellés hétérotrophes et donc une augmentation du nombre de tuniciers qui s'en nourrissent ainsi que des niveaux trophiques supérieurs comme les méduses.

Ainsi, les populations des espèces des niveaux trophiques supérieurs peuvent être affectées soit en diminuant, soit en augmentant, selon les relations trophiques qu'elles entretiennent au sein du réseau trophique.

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.

L'augmentation du diamètre des méduses au cours du temps ne présente pas de différence significative entre les deux salinités testées, puisque les barres d'erreur se chevauchent. L'expérience ne permet pas de montrer un effet de la salinité sur la croissance.

Aux premiers stades, du jour 2 au jour 6, les méduses consomment une ration qui, proportionnellement à leur masse, est 50 % plus importante si elles sont dans un milieu dont la salinité est de 30,5 g/L plutôt que dans un milieu à 22 g/L de NaCl. Cet écart diminue ensuite.

La salinité semble favoriser la prise alimentaire, l'effet étant moins marqué avec le temps.

On peut cependant regretter l'absence de barres d'erreur sur ce graphique, ce qui ne permet pas de savoir si la différence est réellement significative.

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.

Lorsque la salinité est comprise entre 10 et 25 g/L de NaCl, le nombre de polypes produit par polype est supérieur à 0,5, alors qu'il est au maximum de 0,15 en dehors de cet intervalle.

La reproduction asexuée est donc favorisée dans une certaine gamme de salinité. Une forte salinité limite ce type de reproduction.

La salinité rencontrée dans l'estuaire avant la mise en eau du barrage était favorable à ce type de reproduction, en revanche, depuis la mise en eau du barrage, les valeurs atteintes (> 32 g/L, cf figure 2.1) sont défavorables.

Thème 4 – 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 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).

