

## Mini devoir de géologie

### EXERCICE 1

Le Quaternaire est une subdivision des temps géologiques qui s'étend de – 2,58 millions d'années à aujourd'hui. Au cours de cet intervalle de temps, des variations climatiques importantes et rapides sont enregistrées. De nombreux indices sédimentaires et géomorphologiques permettent de reconstituer le climat du passé et de retracer l'évolution climatique du Quaternaire.

Les variations climatiques du Quaternaire ont été accompagnées d'importantes variations du niveau marin.

**Question 1 – Rappelez les trois facteurs pouvant engendrer une variation de la bathymétrie et de la position du trait de côte d'une zone donnée au cours du temps.**

Les trois facteurs déterminant l'évolution de la bathymétrie et de la position du trait de côte sont :

- l'**eustatisme** ou niveau marin absolu
- les mouvements verticaux de la (surrection ou subsidence)
- les apports sédimentaires.

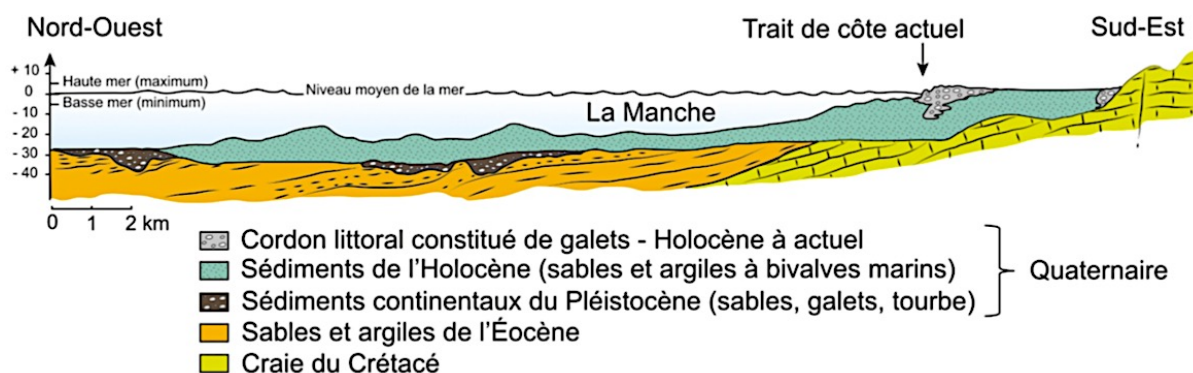


Figure 1 – Coupe géologique simplifiée de la partie Sud-Est de la Manche.

Les variations du niveau marin peuvent être enregistrées par le faciès et la géométrie des roches sédimentaires. La figure 1 est une coupe géologique simplifiée de la Manche.

**Question 2 – Comment peut-on expliquer le caractère discontinu des sédiments pléistocènes ?**

Le caractère discontinu des sédiments pléistocènes s'explique par un dépôt en milieu continental **fluvial**. Ceci est confirmé par la nature des sédiments de cette époque.

**Question 3 – En comparant les sédiments quaternaires du Pléistocène (plus anciens que 11 700 ans) et de l'Holocène (plus récents que 11 700 ans), indiquez l'évolution du niveau marin enregistrée dans la Manche entre le Pléistocène et l'Holocène.**

Les dépôts plus récents (Holocène) sont moins discontinus et présentent des faciès marins.

Il y a donc passage d'un environnement continental à marin. Cette évolution indique une **transgression** (hausse du niveau marin relatif d'au moins 30 mètres) dans la Manche entre le Pléistocène et l'Holocène.

La figure 2 présente une coupe de la grotte Cosquer située près de Marseille.

**Question 4 – Nommez le modelé du paysage que l'on peut observer dans ce contexte. Rappelez comment se forme une grotte et plus généralement ce modelé du paysage.**

La présence de grottes traduit un **modelé karstique**.

Ce modelé se forme par **dissolution des calcaire** en milieu continental, par l'**eau météorique chargée en CO<sub>2</sub>** lorsqu'elle percole dans les fractures de la roche. Le calcaire étant formé uniquement d'éléments chimiques solubles, l'altération produit uniquement des ions sans phase résiduelle (dissolution). Ces ions sont tous exportés lors de l'érosion, laissant apparaître des cavités au sein de la roche.

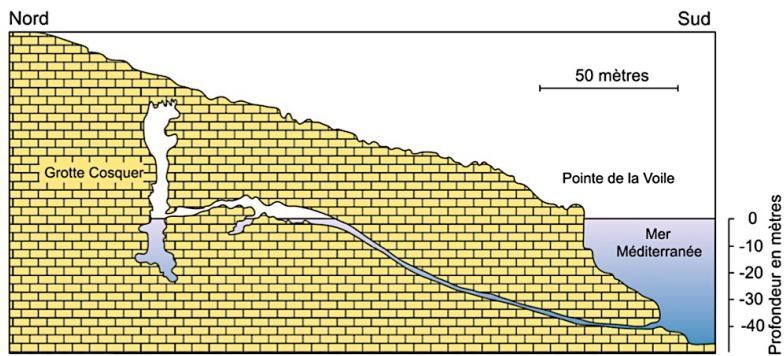


Figure 2 – Coupe simplifiée de la grotte Cosquer, dans les Calanques près de Marseille.  
Le figuré en briques symbolise les calcaires du Crétacé.

L'entrée de cette grotte étant actuellement située à 37 mètres de profondeur sous la Méditerranée, elle est uniquement accessible en plongée. Pourtant elle est ornée de peintures rupestres datées d'il y a 20 000 ans (fin du Pléistocène) et réalisées par *Homo sapiens*.

Question 5 – Quelle est l'évolution du niveau marin enregistrée entre le Pléistocène et aujourd'hui ? Cette observation est-elle cohérente avec celle de la question 3 ?

L'entrée de la grotte devait être accessible au Pléistocène, traduisant un niveau marin au moins 37 m plus bas qu'aujourd'hui. L'entrée de cette grotte étant actuellement ennoyée, on enregistre une **transgression** (montée du niveau marin relatif) entre le Pléistocène et l'Holocène.

Ce résultat est cohérent avec la transgression observée à la même époque dans la Manche.

Question 6 – En comparant cette interprétation et celle de la question 1, quel semble être le facteur primordial contrôlant l'évolution du niveau marin entre le Pléistocène et l'Holocène ?

On peut donc proposer que l'évolution du niveau marin enregistrée dans ces deux sites soit le fruit d'un facteur global et non local : l'eustatisme.

On peut donc proposer l'existence d'une montée eustatique entre le Pléistocène et l'Holocène : par exemple par fonte des glaciers continentaux (inlandsis) et dilatation thermique de l'eau océanique suite au réchauffement du climat.

Dans le nord du Canada, de nombreux marqueurs de la position ancienne du trait de côte sont observables (cordons littoraux, coquilles d'organismes marins...). Ces indices qui se sont autrefois formés à l'altitude zéro (niveau de la mer) se retrouvent actuellement à des altitudes différentes de celle de leur formation. Leur altitude ainsi que leur âge sont indiqués dans la figure 3.

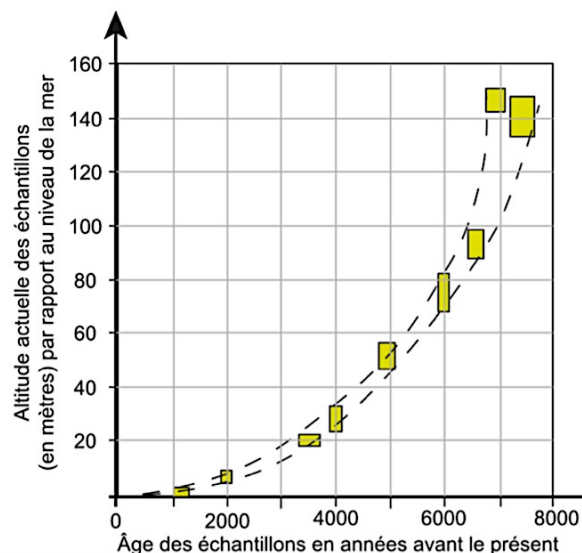


Figure 3 – Altitude actuelle d'échantillons autrefois formés au niveau de la mer en fonction de leur âge. Échantillons de la Baie d'Hudson, Nord du Canada. Chaque rectangle représente un échantillon. Les courbes pointillées correspondent à l'estimation maximale et minimale de l'altitude des échantillons de chaque époque.

Question 7 – Quelle évolution du niveau marin est enregistrée ici au cours de l'Holocène ?

On observe que tous les indices autrefois formés au niveau de la mer sont actuellement localisés à des altitudes positives, traduisant une **régression** (baisse du niveau marin relatif).

Plus les indices sont anciens, plus ils sont hauts, ce qui traduit une régression ayant lieu continuellement (mais à **vitesse variable**) depuis au moins 8 000 ans.

Dans cette région, de très nombreux indices de glaciation passée sont retrouvés et datés de – 20 000 ans environ.

Question 8 – Comment pouvez-vous expliquer l'évolution du niveau marin enregistrée au Nord du Canada ? Précisez le mécanisme à l'origine du phénomène que vous mentionnez.

Des indices glaciaires sont retrouvés en abondance dans cette région, témoignant de l'existence de grandes étendues de glace il y a 20 000 ans, soit avant la régression. Par ailleurs, on observe une régression qui semble contradictoire avec les observations des questions 3 et 5 et avec le mécanisme invoqué en question 6, suggérant une variation contrôlée par un facteur local.

On peut donc proposer que cette régression soit causée par une surrection = mouvement vertical de la lithosphère suite au retrait des glaciers (rebond post-glaciaire).

Ce rebond est causé par l'équilibre archimédien de la lithosphère sur l'asthénosphère (isostasie). La fonte de la glace diminue le poids total de la lithosphère et donc la pression exercée sur l'asthénosphère. L'asthénosphère, plus dense que la lithosphère induit alors une remontée de la lithosphère grâce à la poussée d'Archimède.

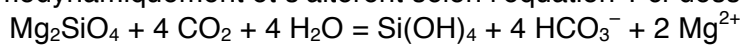
Question 9 – Comment pouvez-vous expliquer le décalage temporel entre le changement climatique ayant eu lieu à la transition entre l'Holocène et le Pléistocène et le phénomène observé ici figure 4 ?

Cette remontée s'accompagne d'un fluage du manteau des domaines océaniques aux domaines continentaux autrefois englacés.

Le délai observé entre le retrait de la glace (entre 20 000 et 10 000 ans) et la régression (toujours en cours actuellement) est lié à la viscosité du manteau. Plusieurs milliers d'années sont nécessaires pour atteindre le nouvel équilibre isostatique.

## EXERCICE 2

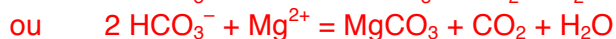
Les olivines sont des minéraux abondants dans les basaltes et gabbros. En surface, ces minéraux sont instables thermodynamiquement et s'altèrent selon l'équation 1 ci-dessous :



Question 1 – Nommer et expliquer le processus à l'œuvre.

Il s'agit d'une hydrolyse : l'eau s'insinue dans les cristaux et modifie la chimie. Il apparaît de nouveaux minéraux, des phyllosilicates de type argile, et une phase migratrice constituée d'éléments minéraux dissous. Ici, il s'agit d'une hydrolyse totale puisqu'il n'y a aucune argile formée.

Question 2 – Rappeler l'équation de précipitation des carbonates (notée équation 2), et nommer quelques organismes permettant cette précipitation en domaine marin.



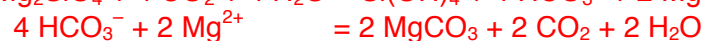
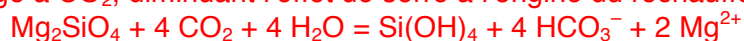
La réaction avec des ions  $\text{Mg}^{2+}$  génère des carbonate de magnésium = magnésite.  
Coccolithophoridés, Foraminifères, Mollusques bivalves...

L'Organisation Non-Gouvernementale Project Vesta propose de réaliser des "plages de sable vert" constituées d'olivine. Après extraction dans divers gisements dans le monde, l'olivine serait ensuite finement broyée (pour accélérer les réactions chimiques) puis transportée par l'être humain jusqu'aux littoraux où l'action des vagues entrainerait un processus appelé "altération forcée".

Question 3 – En utilisant les équations 1 et 2, justifier que cette démarche de géo-ingénierie est théoriquement pertinente dans le cadre de l'atténuation du réchauffement climatique.

Les réactions 1 et 2 se déroulent en des lieux différents. En les associant, il résulte un bilan de  $\text{CO}_2$  négatif : 4 molécules de  $\text{CO}_2$  sont pompées pour 2 molécules dégagées, à partir d'un minéral d'olivine.

Ce processus est un piège à  $\text{CO}_2$ , diminuant l'effet de serre à l'origine du réchauffement climatique.



## GRILLE DE CORRECTION

<b>Exercice 1</b>		<b>25</b>
question 1 – <b>eustatisme</b> ou niveau marin absolu mouvements verticaux de la (surrection ou subsidence) apports sédimentaires		1 1 1
question 2 – caractère discontinu expliqué par un dépôt en milieu continental fluviatile, confirmé par la nature des sédiments de cette époque.		1
question 3 – Dépôts de l'Holocène moins discontinus + faciès marins => passage d'un environnement continental à marin par <u>transgression</u> (hausse du niveau marin relatif d' <u>au moins 30 m</u> ) dans la Manche entre le Pléistocène et l'Holocène.		1 1 1
question 4 – La présence de grottes traduit un modelé karstique. Ce modelé se forme par <u>dissolution des calcaires</u> en milieu continental, par l'eau météorique chargée en CO <sub>2</sub> lorsqu'elle percole dans les fractures de la roche. L'altération produit uniquement des ions sans phase résiduelle (dissolution), qui sont tous exportés lors de l'érosion, laissant apparaître des cavités au sein de la roche.		1 2 1
question 5 – Entrée de la grotte accessible au Pléistocène, donc niveau marin <u>au moins 37 m plus bas qu'aujourd'hui</u> . L'entrée de cette grotte étant actuellement ennoyée, on enregistre une <u>transgression</u> (montée du niveau marin relatif) entre le Pléistocène et l'Holocène. Ce résultat est cohérent avec la transgression observée à la même époque dans la Manche.		1 1 1
question 6 – Ces deux sites sont éloignés donc facteur <u>global</u> et non local : l'eustatisme. Montée eustatique entre le Pléistocène et l'Holocène : par <u>fonte des glaciers continentaux</u> (inlandsis) et <u>dilatation thermique</u> de l'eau océanique suite au réchauffement du climat.		2 1 1
question 7 – Tous les indices autrefois formés au niveau de la mer sont actuellement localisés à des altitudes positives, traduisant une <u>régression</u> (baisse du niveau marin relatif). Plus les indices sont anciens, plus ils sont hauts, ce qui traduit une régression ayant lieu continuellement (mais à <b>vitesse variable</b> ) depuis au moins 8 000 ans.		2 bonus
question 8 – Nombreux indices glaciaires dans cette région, témoignant de l'existence de grandes étendues de glace il y a 20 000 ans, soit avant la régression. Par ailleurs, on observe une régression qui semble contradictoire avec les observations des questions 3 et 5 et avec le mécanisme invoqué en question 6, suggérant une variation contrôlée par un facteur local. => régression causée par une <u>surrection</u> = mouvement vertical de la lithosphère suite au <u>retrait des glaciers</u> (rebond post-glaciaire). Rebond causé par l'équilibre archimédien de la lithosphère sur l'asthénosphère ( <u>isostasie</u> ).		1 1 1
question 9 – Cette remontée s'accompagne d'un <u>fluage du manteau</u> des domaines océaniques aux domaines continentaux autrefois englacés. Le délai observé entre le retrait de la glace (entre 20 000 et 10 000 ans) et la régression (toujours en cours actuellement) est lié à la <u>viscosité du manteau</u> . Plusieurs milliers d'années sont nécessaires pour atteindre le nouvel équilibre isostatique.		1 1
<b>Exercice 2</b>		<b>9</b>
question 1 – <u>Hydrolyse</u> : l'eau s'insinue dans les cristaux et modifie la chimie. Il apparaît de nouveaux minéraux (phyllosilicates de type argile), et une phase migratrice constituée d'éléments minéraux dissous. Ici, il s'agit d'une <u>hydrolyse totale</u> (aucune argile formée).		1 1
question 2 – en prenant comme modèle : $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Les carbonates de magnésium donnent : $2 \text{HCO}_3^- + \text{Mg}^{2+} = \text{MgCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Coccolithophoridés, Foraminifères, Mollusques bivalves...		2 1
question 3 - En associant les réactions 1 et 2, il résulte un <u>bilan de CO<sub>2</sub> négatif</u> : 4 molécules de CO <sub>2</sub> sont pompées pour 2 molécules dégagées, <u>à partir d'un minéral d'olivine</u> . Ce processus est un piège à CO <sub>2</sub> , <u>diminuant l'effet de serre</u> donc le réchauffement climatique. Bilan $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Si}(\text{OH})_4 + 2 \text{MgCO}_3$		1 1 1 1
	Rigueur	<b>3</b>
	Concision, clarté et rédaction	<b>3</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>40</b>