

**QCM. 2 points. Entourer la bonne réponse par série de propositions**

**A. Un des rôles des astrocytes est de :**

- a. jouer le rôle de macrophage
- b. former la gaine de myéline
- c. contrôler les flux de glucose
- d. déclencher la sclérose en plaques

**B. Les aires motrices cérébrales :**

- a. sont localisées dans le cerveau profond
- b. sont dans la même région corticale que l'aire auditive
- c. interviennent dans le réflexe myotatique
- d. sont au nombre de deux

**C. Les neurones pyramidaux :**

- a. ont leurs corps cellulaires dans le cortex moteur
- b. ont leur corps cellulaire dans la substance blanche cérébrale
- c. ont leurs corps cellulaires dans la substance blanche de la moelle épinière
- d. ont leurs corps cellulaires dans la substance grise de la moelle épinière

**D. La plasticité cérébrale :**

- a. n'existe pas chez l'adulte
- b. permet l'apprentissage
- c. permet toujours de récupérer l'ensemble de ses facultés après un AVC
- d. ne peut pas modifier la carte motrice cérébrale

**E. Les phases du potentiel d'action sont :**

- a. hyperpolarisation, dépolarisation, repolarisation
- b. hyperpolarisation, repolarisation, dépolarisation,
- c. dépolarisation, repolarisation, hyperpolarisation
- d. repolarisation, dépolarisation, hyperpolarisation

**F. Dans et entre les neurones, le codage de l'information se fait par :**

- a. modulation de fréquence de PA seule
- b. modulation de concentration de neurotransmetteurs seule
- c. amplitude de PA
- d. modulation de fréquence de PA et modulation de concentration de neurotransmetteurs

**G. Le bon ordre est :**

- a. plaque motrice – racine dorsale de la moelle – racine ventrale de la moelle – fuseau neuromusculaire
- b. fuseau neuromusculaire – racine dorsale de la moelle – racine ventrale de la moelle – plaque motrice
- c. fuseau neuromusculaire – racine ventrale de la moelle – racine dorsale de la moelle – plaque motrice
- d. plaque motrice – racine ventrale de la moelle – racine dorsale de la moelle – fuseau neuromusculaire

**U. Le curare :**

- a. déclenche l'exocytose d'acétylcholine
- b. engendre une contraction musculaire
- c. bloque l'exocytose d'acétylcholine
- d. empêche la fixation d'acétylcholine sur ses récepteurs

## Exercice de type 2. 8 points. Les coccolithophoridés, amplificateurs des variations climatiques

Des études scientifiques suggèrent que les coccolithophoridés auraient, au cours du Quaternaire, amplifié les variations climatiques liées aux paramètres astronomiques.

**Expliquez comment les coccolithophoridés ont pu contribuer à amplifier les variations du climat au cours du quaternaire.**

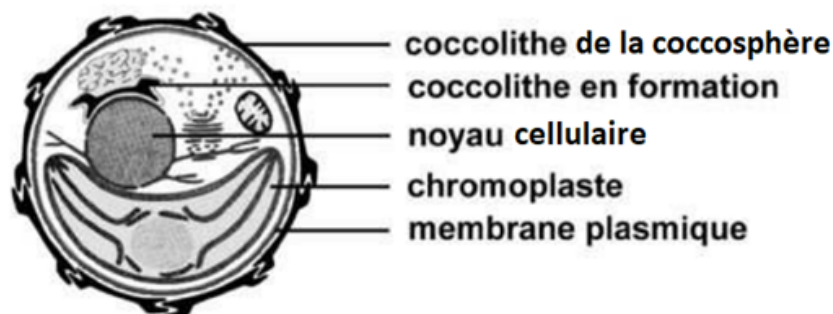
*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

### **Document 1 : les coccolithophoridés, organismes planctoniques des écosystèmes marins**

#### **Document 1a : caractéristiques cellulaires des coccolithophoridés**

Les coccolithophoridés sont des algues unicellulaires photosynthétiques. A un certain stade de leur développement, elles produisent des plaques de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) cristallisées sous forme de calcite et appelées coccolithe. Ces plaques forment une protection autour de la cellule : la coccosphère.

Schéma de la structure cellulaire, chez *Emiliana huxleyi*.



Source : d'après thèse de L. Perrot. Observer les coccolithophores de l'espace, 2017

#### **Document 1b : distribution géographique et temporelles des coccolithophoridés**

Les coccolithophoridés sont présents dans tous les océans actuels. Ils sont connus à l'état fossile, depuis le début du Mésozoïque, il y a 215 millions d'années.

Ci-dessous, la distribution d'*Emiliana huxleyi* dans la mer de Barents.

Image prise par le satellite ENVISAT en 2011.



Ces organismes se développent en abondance sur d'immenses zones, couvrant jusqu'à plusieurs centaines de milliers de  $\text{km}^2$ .

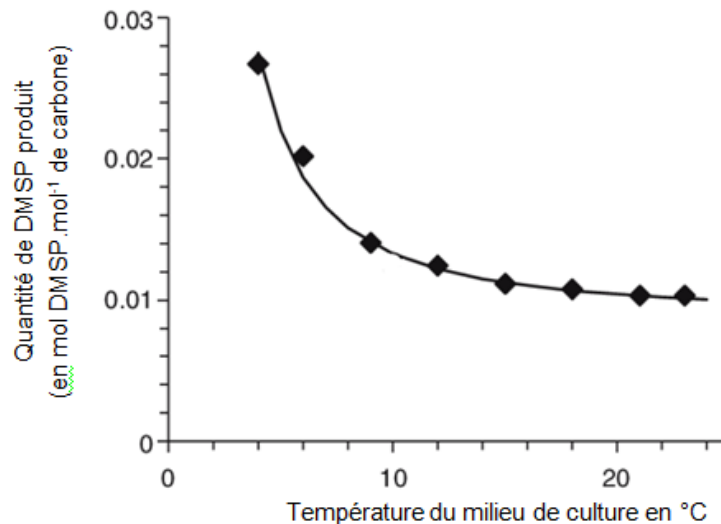
Source : d'après Thèse L. Perrin, Physiologie du coccolithophoridé *Emiliana huxleyi* en co-limitation de nutriments et de lumière, 2016

## **Document 2 : métabolisme des coccolithophoridés et propriétés physico-chimiques des nuages**

Le phytoplancton produit un composé soufré, le diméthylsulfoniopropionate (DMSP), impliqué dans les réactions de défense contre les prédateurs et les pathogènes. Les coccolithophoridés sont les principaux producteurs océaniques de DMSP.

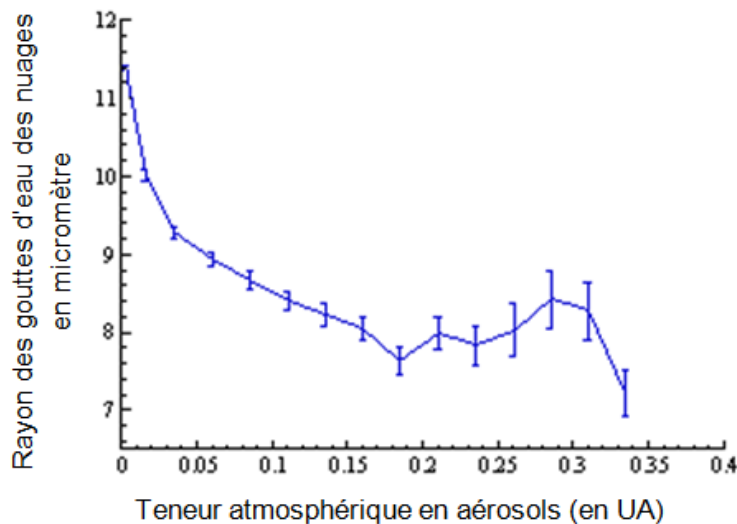
### **Document 2a : effet de la température sur la production de DMSP chez *Emiliana huxley* en culture.**

Les DMSP diffusent dans l'atmosphère où ils se forment des aérosols qui condensent l'eau. Cela permet la formation de gouttes d'eau qui composent les nuages.



Source : d'après Van Rijssel & Gieskes, 2002

### **Document 2b : teneur atmosphérique en aérosols et taille des gouttes dans les nuages au-dessus de l'océan.**



### **Document 2c : relation entre l'albédo des nuages et le rayon des gouttes d'eau**

L'albédo des nuages est d'autant plus élevé que le rayon des gouttes d'eau est petit.

Source : d'après <https://parasol.cnes.fr> et [http://pedagogtech.inp-toulouse.fr/200525/co/Wiki\\_04\\_02.html](http://pedagogtech.inp-toulouse.fr/200525/co/Wiki_04_02.html)

### **Document 3 : métabolisme des coccolithophoridés et flux de carbone à l'interface océan/atmosphère.**

Les coccolithophoridés réalisent deux réactions métaboliques qui impliquent le CO<sub>2</sub>.

#### **1. Pompe à CO<sub>2</sub> liée à la photosynthèse en surface suivie de la sédimentation en profondeur.**

Pendant le processus de photosynthèse, les coccolithophoridés utilisent la lumière comme source d'énergie lors de la synthèse des composés organiques à partir du dioxyde de carbone dissous dans l'eau.

Après la mort des cellules, une partie de la matière organique formée par les coccolithophoridés sédimente en profondeur, ce qui conduit au piégeage du carbone atmosphérique.

#### **2. Contre-pompe liée à la calcification de la coccosphère.**

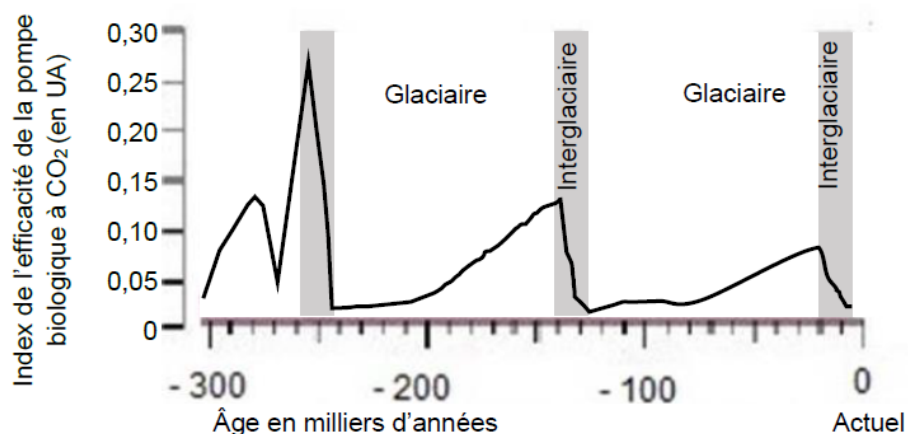
Les coccolithophoridés forment des coccolithes en calcite ce qui conduit à une libération de CO<sub>2</sub> dans l'océan qui diffuse ensuite dans l'atmosphère.

*Source : d'après thèse L. Perrin, 2016*

### **Document 4 : index d'efficacité de la pompe biologique déterminé à partir de sédiments d'âge quaternaire échantillonnés dans l'océan Austral.**

Les teneurs en carbone organique et minéral de sédiments marins issus de l'activité des coccolithophoridés permettent d'estimer l'importance relative des processus de pompe et de contre-pompe et de déterminer un index au cours du temps. Plus l'index est élevé plus le piégeage du carbone a été important.

Sur le graphique ci-dessous, les périodes glaciaires correspondent aux zones sur fond blanc et les périodes interglaciaires correspondent aux zones sur fond gris. Leur alternance est contrôlée par les paramètres orbitaux de la terre.



*D'après thèse de M. Brandon. Les changements majeurs de la productivité biologique au cours du Quaternaire et leurs impacts sur les cycles du carbone et de l'oxygène, 2020.*

## Barème

### QCM. 2 points. Entourer la bonne réponse par série de propositions

- A. Un des rôles des astrocytes est de :** c. contrôler les flux de glucose
- B. Les aires motrices cérébrales :** d. sont au nombre de deux
- C. Les neurones pyramidaux :** a. ont leurs corps cellulaires dans le cortex moteur
- D. La plasticité cérébrale :** b. permet l'apprentissage
- E. Les phases du potentiel d'action sont :** c. dépolarisation, repolarisation, hyperpolarisation
- F. Dans et entre les neurones, le codage se fait par :** d. modulation de fréquence de PA et modulation de concentration de neurotransmetteurs
- F. Le bon ordre est :** b. FNM – racine dorsale de la moelle – racine ventrale de la moelle – plaque motrice
- G. Le curare :** d. empêche la fixation d'acétylcholine sur ses récepteurs

Les moteurs des changements climatiques sont les paramètres orbitaux : on parle des cycles de Milankovitch. Ces paramètres sont cependant à l'origine de variations infimes de la quantité d'énergie solaire reçue sur Terre. D'autres paramètres amplifient ces variations : ce sont les rétroactions positives. On nous propose ici de nous pencher sur le rôle des Coccolithophoridés en tant qu'amplificateur des variations climatiques.

Qu'est-ce qu'un coccolithophoridé ?

C'est un organisme unicellulaire eucaryote planctonique marin, plus précisément une algue photosynthétique (présence d'un chloroplaste). Ces algues produisent des plaques en  $\text{CaCO}_3$  (sous forme de calcite), appelées coccolithes. Cela protège la cellule et constitue la coccosphère.

Où sont-ils présents ?

On les trouve dans tous les océans, depuis le début du Mésozoïque (soit 215 Ma). Ils se développent en abondance sur d'immenses zones, comme par exemple au large de la côte scandinave (sur la photo : *Emiliana huxleyi*). On voit également une zone nuageuse qui jouxte la zone d'abondance des *Emiliana*. On peut deviner que les coccolithophoridés forment une zone plus claire dans l'océan, ce qui a un effet sur l'albédo.

On étudie alors le métabolisme des coccolithophoridés.

Le phytoplancton, particulièrement les coccolithophoridés, produit un composé soufré, le diméthylsulfoniopropionate (DMSP). Ce composé est impliqué dans les réactions de défense contre les prédateurs et les pathogènes.

On exploite tout d'abord l'effet de la température sur la production de DMSP chez *Emiliana huxleyi* en culture. Plus la température du milieu de culture augmente, moins il y a de DMSP produit par *Emiliana* (0,026 mol de DMSP/ mol de C à 4°C, contre 0,01 à 22°C). On sait que les DMSP diffusent dans l'atmosphère où ils forment des aérosols qui condensent l'eau, permettant la formation de gouttes d'eau composant les nuages. Donc plus l'eau est froide, plus il y aura de DMSP produit, et donc plus de nuages formés.

On étudie maintenant le rapport entre la teneur atmosphérique en aérosols et la taille des gouttes dans les nuages au-dessus de l'océan.

Plus la teneur atmosphérique en aérosols diminue, plus le rayon des gouttes d'eau des nuages augmente (il gagne 4 micromètres quand la teneur atmosphérique en aérosol passe de 0,35 à 0 UA). Or, l'albédo des nuages est d'autant plus élevé que le rayon des gouttes est petit.

Ainsi plus il fait froid, plus la production de DMSP par les coccolithophoridés augmente, plus il y a d'aérosols dans l'atmosphère, plus la taille des gouttes diminue, et plus l'albédo des nuages (c'est à dire la part d'énergie réfléchiée par rapport à la part d'énergie incidente), et a fortiori l'albédo de la planète augmente. Cela a donc un impact refroidissant sur le climat terrestre. A l'inverse, plus il fait chaud, moins d'aérosols sont émis, moins il y a de gouttes et plus elles sont grosses, et moins l'albédo est élevé. C'est donc bien une rétroaction positive.

On nous présente ensuite le métabolisme des coccolithophoridés et le flux de carbone à l'interface océan/atmosphère.

Les coccolithophoridés réalisent deux réactions métaboliques qui impliquent le CO<sub>2</sub>.

- La photosynthèse. Grâce à l'énergie lumineuse et au CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau, il y a synthèse de matière organique. Une partie de cette MO échappe à la décomposition et sédimente au fond de l'eau (c'est donc un puits de CO<sub>2</sub> atmosphérique).
- Les plaques formées (coccolithes) sont en calcite, soit du CaCO<sub>3</sub>. Cela forme du CO<sub>2</sub> dans l'océan, qui diffuse ensuite dans l'atmosphère (effet inverse du précédent) suite à l'équilibre  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2$ . C'est donc une source de CO<sub>2</sub>.

On se penche maintenant sur l'indice d'efficacité de la pompe biologique. Il est déterminé à partir de sédiments du quaternaire de l'océan Austral, en étudiant les teneurs en C organique et minéral de sédiments marins issus de l'activité des coccolithophoridés. Cela permet de déterminer l'importance relative des processus de pompe et de contre-pompe.

On voit ainsi sur le graphe qu'en période glaciaire, l'index de l'efficacité de la pompe biologique augmente, passant de 0,05 UA à des valeurs plus élevées (variables suivant les périodes glaciaires). Cela marque un piégeage de C plus important, et d'autant plus qu'il fait froid (l'effet pompe doit l'emporter). C'est donc bien une rétroaction positive.

Au contraire, en période interglaciaire, ce même index s'écroule : le piégeage de C est moins important, d'autant plus que les températures sont élevées : on retrouve ainsi l'effet de rétroaction positive. C'est l'effet contre-pompe qui semble dominer.

Pour conclure, les coccolithophoridés amplifient bien les variations climatiques de plusieurs manières :

- par l'émission de DMSP formant des aérosols, et donc des gouttes constituant des nuages dans l'atmosphère, dont l'albédo augmente en période glaciaire et diminue en période interglaciaire, si bien que la quantité d'énergie réfléchie augmente en période glaciaire, et diminue en période interglaciaire ;
- par leur métabolisme. L'effet pompe dû à la photosynthèse soutire du CO<sub>2</sub> en période glaciaire ; l'effet contre-pompe restitue du CO<sub>2</sub> en période interglaciaire. Le CO<sub>2</sub> étant un GES, cela fait varier le forçage climatique.

Les deux effets constituent des rétroactions positives, soit des mécanismes amplificateurs des variations climatiques.

**Démarche de résolution personnelle.** Une démarche est considérée comme cohérente si elle est logique et qu'elle permet de répondre au problème posé.

2	1	0
Construction d'une démarche <b>cohérente</b> bien adaptée au sujet	Construction <b>insuffisamment cohérente</b> de la démarche	<b>Absence de démarche</b> ou démarche incohérente

**Analyse des documents et mobilisation des connaissances, dans le cadre du problème scientifique posé**

3	2	1	0
Informations issues des documents <b>pertinentes, rigoureuses et complètes</b> et connaissances mobilisées <b>pertinentes et complètes</b> pour interpréter	<b>Informations</b> issues des documents <b>incomplètes</b> ou peu rigoureuses et <b>connaissances à mobiliser insuffisantes</b> pour interpréter	Seuls quelques éléments <i>pertinents</i> issus des documents et/ou des connaissances	Absence ou très mauvaise qualité de traitement des éléments prélevés

**Exploitation (mise en relation/cohérence) des informations prélevées et des connaissances au service de la résolution du problème.** Les mises en relations opérées permettent de résoudre le problème. Il peut s'agir d'une mise en relation d'informations d'un document avec une ou des connaissances, d'une mise en relation entre des informations de différents documents, d'informations de différents documents et de connaissances, etc.

3	2	1	0
<b>Argumentation complète et pertinente</b> pour répondre au problème posé	<b>Argumentation incomplète ou peu rigoureuse</b>		<b>Argumentation absente</b> et/ou réponse explicative absente ou incohérente
Réponse <i>explicative cohérente et complète</i> avec le problème posé	Réponse explicative cohérente avec le problème posé	Absence de réponse ou réponse non cohérente avec le problème posé	