

2ème PARTIE - Exercice 2 - Pratique d'une démarche scientifique ancrée dans des connaissances. 5 points.

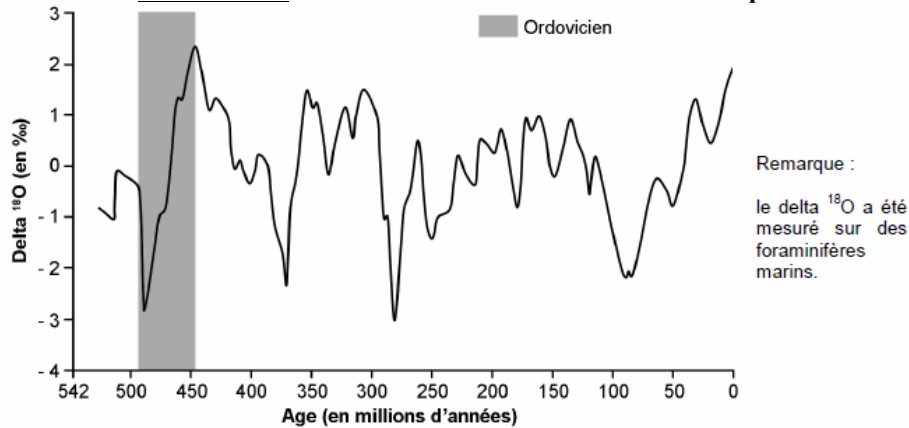
La fin de l'Ordovicien : une période climatique particulière

Les préoccupations actuelles sur l'évolution du climat de notre planète conduisent les spécialistes des sciences de la Terre à déterminer et à comprendre les climats passés. Ils s'intéressent notamment à une période particulière de l'histoire de la Terre, l'Ordovicien, qui s'étend de - 488 à - 440 millions d'années.

À l'aide de l'exploitation des documents mis en relation avec vos connaissances, déterminer l'évolution du climat au cours de l'Ordovicien et identifier un mécanisme qui a participé à l'installation de ce climat.

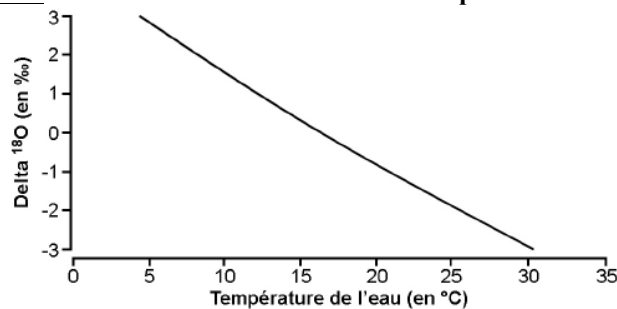
Document 1 : rapport entre le delta ^{18}O et la température de l'eau de mer

Document 1a : variation du delta ^{18}O au cours du temps



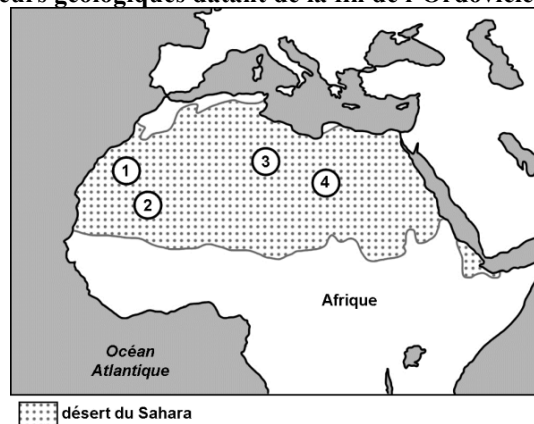
D'après le site <http://matierevolution.fr>






Document 1b : relation entre le delta ^{18}O et la température de l'eau de mer



D'après Epstein et al., *Geologica/ Society of America Bulletin*, 1953

Document 2 : des marqueurs géologiques datant de la fin de l'Ordovicien retrouvés dans le Sahara



<p>1. Site du Hodh, Mauritanie.</p>   <p style="text-align: right;">2cm</p>	<p>2. Mauritanie</p> 
<p>3. Vue aérienne de la frontière algéro-libyenne.</p>  <p style="text-align: right;">10 m</p>	<p>4. Libye.</p>  <p style="text-align: right;">10 cm</p>

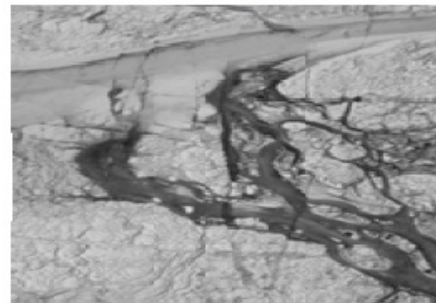
D'après le site <http://east.unistra.fr/recherche>

Document 3 : des marqueurs géologiques des climats froids actuels

Vue aérienne

Courant glaciaire : puissant torrent en bordure des calottes glaciaires. Le passage de l'eau et des blocs de glace qu'il transporte laisse des traces profondes dans le paysage.

10 m



D'après le site nsidc.org

Stries glaciaires, galets facettés et striés :

Quand un glacier avance, il « frotte » le fond et les parois de sa vallée, use les roches, les polit et les strie.

Stries glaciaires



10 cm



Galet facetté et strié



2 cm

D'après les sites <http://www.unifr.ch/> et <http://www.geoglaciaire.net/>

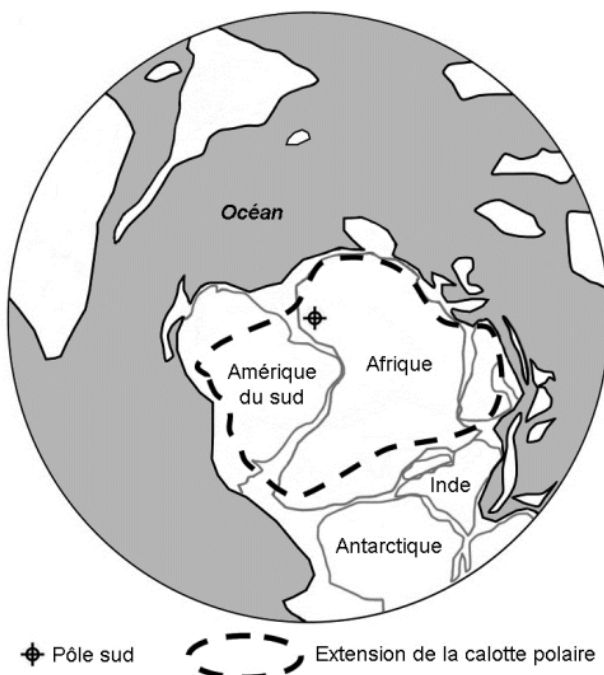
Roches moutonnées : formations rocheuses altérées par le passage d'un glacier.
Moraines : roches charriées et déposées par les glaciers.

Roches moutonnées	Moraines
 <p>Roches affleurante : une dizaine de m de longueur</p>	

Photos N. Bouchaud

Document 4 : extension maximale probable de la calotte polaire à l'Ordovicien

Une équipe de chercheurs a étudié la distribution globale d'un groupe de microfossiles marins, les chitinozoaires (groupe aujourd'hui disparu) présents dans les océans de l'époque, afin de positionner l'extension de la calotte polaire. Les résultats montrent qu'à la fin de l'Ordovicien la calotte polaire a migré en direction de l'équateur, depuis les latitudes 55°-70° S vers 40° S.

 <p>⊕ Pôle sud - - - - - Extension de la calotte polaire</p>	<p>La surface des continents à l'Ordovicien est représentée en blanc. Les continents actuels sont délimités par une ligne grise.</p> <p>Le pôle sud indiqué est celui enregistré à l'époque.</p> <p>On rappelle que le pôle est situé à 90° de latitude, l'équateur à 0°.</p> <p>Pour information, les glaces ont atteint la latitude de 45° au cours des dernières glaciations du Quaternaire (Pléistocène).</p> <p><i>D'après S. Finnegan et al., Science, 2011</i></p>
---	---

Document 5 : albédo de quelques surfaces naturelles

Surface naturelle	albédo
Glace	0,70 à 1
Sol nu	0,05 à 0,50
Forêt de feuillus	0,10 à 0,15
Prairie	0,15 à 0,25
Sable, désert	0,25 à 0,30

D'après Sané de Parcevaux Laurent Huber Bioclimatologie. Concepts et applications

Eléments de correction.

Problématiques :

***Comment a évolué le climat au cours de l'Ordovicien ?
Quel mécanisme a participé à l'installation de ce climat ?***

Document 1a et 1b.

- Durant la majorité de l'Ordovicien, le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré dans les foraminifères marins augmente, passant de -3‰ à 2,5‰.
- Il existe une relation entre le $\delta^{18}\text{O}$ et la température de l'eau de mer : plus le $\delta^{18}\text{O}$ est négatif, plus la température de l'eau est élevée (et inversement).
- Ainsi, durant une grande partie de l'Ordovicien la température de l'eau de mer a progressivement diminué, passant de 30°C à environ 7 à 8°C.
- On peut donc supposer un refroidissement climatique.

Documents 2 et 3 (en référentiel).

- On étudie divers marqueurs géologiques d'âge Ordovicien dans le Sahara, zone actuellement désertique et chaude.
- Sur les divers sites, l'on trouve :
 - des traces que l'on peut relier à celles de torrents en bordure de calottes glaciaires (courants glaciaires) à la frontière algéro-libyenne ;
 - des traces que l'on peut interpréter comme des stries glaciaires en Lybie (avancement des glaciers) ;
 - des galets qui ressemblent à des galets facettés à Hodh en Mauritanie (avancement des glaciers) ;
 - des roches polies qui ressemblent à des roches moutonnées en mauritanie (altération liée aux glaciers) ;
 - Peut-être des restes de moraines sur la même image en Mauritanie (roches charriées par des glaciers).
- Galets facettés, striés, stries, traces de torrents, roches moutonnées et moraines sont ainsi à associer à la présence de glaciers continentaux.
- Cela témoignerait donc de la présence de calottes glaciaires à l'emplacement du Sahara à l'Ordovicien.

Document 4.

- Exploitation de microfossiles marins pour positionner l'extension d'une calotte polaire.
- A l'Ordovicien, les continents Amérique du Sud, Inde, Antarctique et Afrique (donc le futur Sahara) étaient réunis et centrés sur le pôle Sud de l'époque (pôle sud aux alentours de la Mauritanie).
- Il y avait une vaste calotte glaciaire sur les continents (inlandsis) jusque vers 40°S à la fin de l'Ordovicien.
- Cela explique alors les traces de glaciation observées dans le désert saharien.

Document 5.

- L'albédo de la glace est élevé, bien plus que celui des autres surfaces.
- Plus l'albédo est élevé, plus il y a d'énergie solaire réfléchi ;
- Il y avait donc beaucoup d'énergie réfléchi par la Terre à cette époque d'autant plus que la surface de la calotte polaire s'accroissait.

Eléments de cours.

- Sur les grandes durées (par exemple pendant le dernier milliard d'années), les traces de variations climatiques importantes sont enregistrées dans les roches sédimentaires. Des conditions climatiques très éloignées de celles de l'époque actuelle ont existé.
- L'albédo est un des facteurs modulateurs des variations climatiques (facteur amplificateur) lié à une réflexion plus ou moins grande de l'énergie solaire. L'albédo dépend du matériau (couleur).
- Principe de l'actualisme appliqué aux roches sédimentaires : les formations périglaciaires actuelles devaient être identiques dans le passé (moraines, roches moutonnées, stries glaciaires...).

Conclusion.

- A l'Ordovicien, le climat s'est progressivement refroidi, entraînant la Terre dans une période glaciaire. Ainsi, les eaux océaniques se sont refroidies, et un inlandsis s'est progressivement installé sur les continents centrés sur le pôle sud. Les traces de sa présence, essentiellement enregistrées dans les roches sédimentaires (formations périglaciaires), en sont nombreuses.
- On ne connaît pas l'origine de cette glaciation, mais il semble que la hausse de l'albédo global de la Terre, suite à l'installation progressive de l'inlandsis gondwanien, a concouru à renforcer le refroidissement climatique initié.
- En ouverture, on peut montrer que d'autres paramètres ont pu intervenir, comme la concentration atmosphérique en CO_2 .

Qualité de la démarche	Éléments scientifiques tirés des documents et issus des connaissances	
Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Suffisants dans les deux domaines.	5
	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	4
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre ou moyen dans les deux.	3
	Moyen dans l'un des domaines et insuffisant dans l'autre.	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Insuffisant dans les deux domaines.	1
	Rien	0