

2ème PARTIE – Exercice 2. 5 points. Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l’avenir.

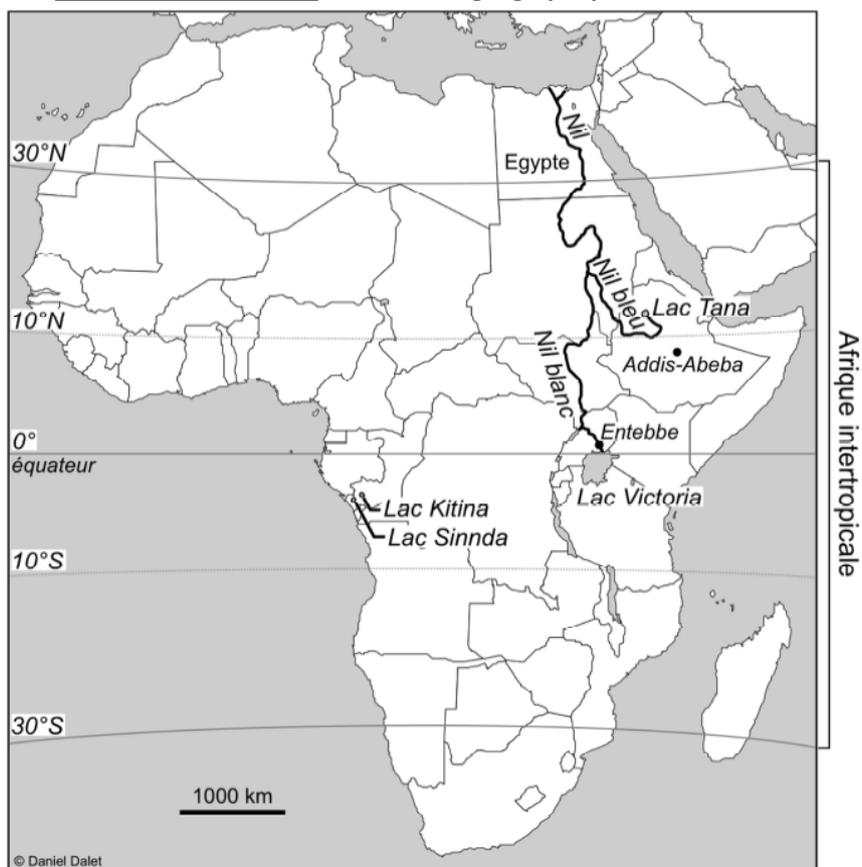
Le musée Testut-Latarjet et le musée des Confluences de Lyon ont mis à disposition des chercheurs des fragments d’os et des dents de momies égyptiennes (datées entre 5500 ans BP* et 1500 ans BP) dans le but d’y trouver des indices sur le climat africain de cette période.

*BP : Before Present, c’est-à-dire avant 1950.

En utilisant les informations des documents et les connaissances :

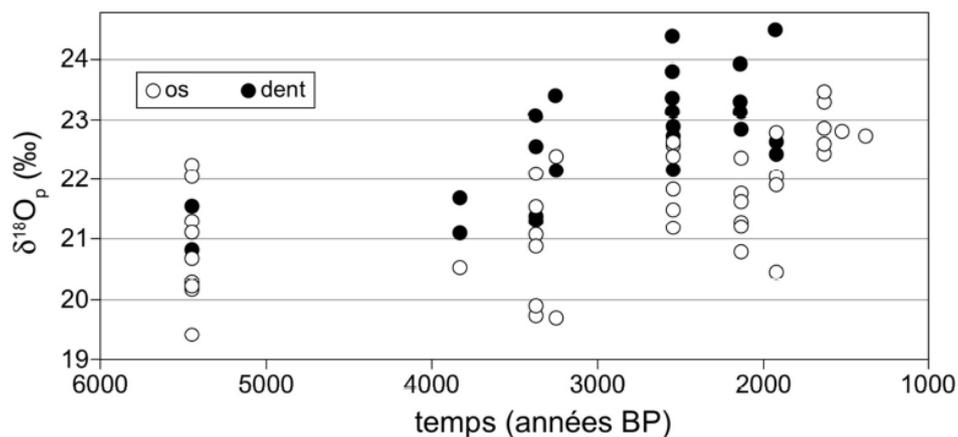
- expliquer comment les études isotopiques menées sur des momies égyptiennes ont permis de reconstituer l’évolution des précipitations en Afrique intertropicale entre 5500 ans BP et 1500 ans BP ;
- montrer que les résultats de cette étude sont en accord avec les données sédimentaires.

Document de référence : localisation géographique des sites étudiés



Document 1 : variation du $\delta^{18}\text{O}$ des os et des dents de momies égyptiennes

L’apatite (phosphate de calcium) constituant de l’os et l’hydroxyapatite (phosphate de calcium hydraté) constituant de l’émail des dents contiennent de l’oxygène dans le groupement phosphate. Des chercheurs ont ainsi pu mesurer le $\delta^{18}\text{O}$ des fragments d’os et des dents de momies égyptiennes ($\delta^{18}\text{O}_p$) couvrant une époque entre 5500 ans BP et 1500 ans BP.



D’après Touzeau et al., 2013, modifié

Document 2 : corrélation entre le $\delta^{18}\text{Op}$ des os et des dents et le $\delta^{18}\text{Ow}$ de l'eau de boisson

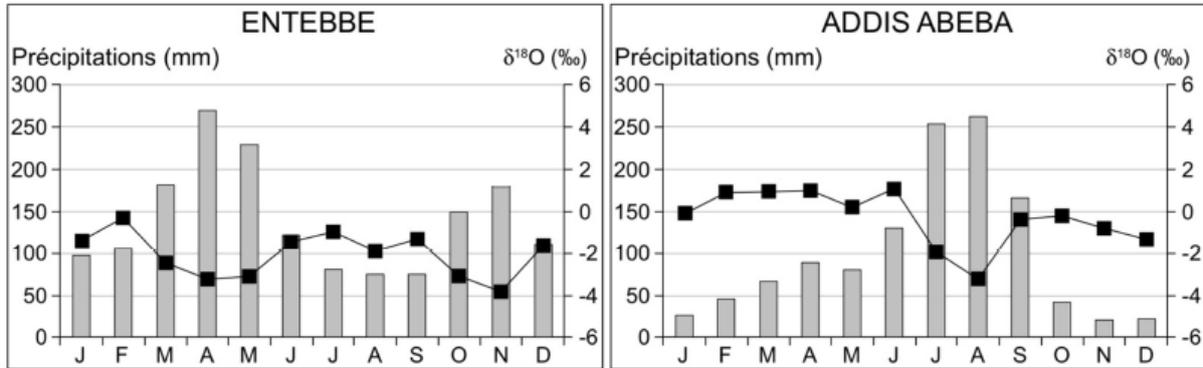
Le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré dans les os et les dents des êtres humains ($\delta^{18}\text{Op}$) est corrélé au $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de boisson ($\delta^{18}\text{Ow}$) par l'équation simplifiée suivante :

$$(\delta^{18}\text{Ow}) = 1,54 (\delta^{18}\text{Op}) - 33,72$$

Daux et al., 2008

Document 3 : relation entre les précipitations mensuelles (histogramme) et le $\delta^{18}\text{O}$ moyen mensuel de l'eau de pluie (courbe reliant les carrés) à Entebbe en Ouganda et Addis Abeba en Ethiopie

En zone intertropicale, le facteur majeur contrôlant la composition du $\delta^{18}\text{O}$ des eaux de pluie est la quantité de précipitations et non la température.



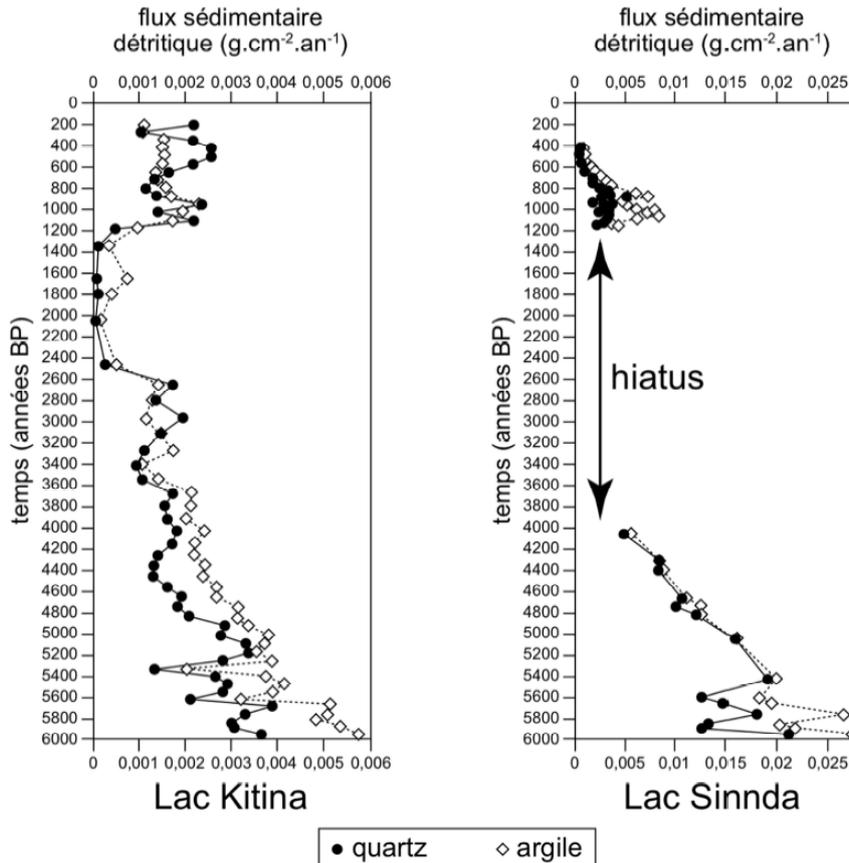
D'après données IAEA/WMO

Dans le cas des Egyptiens, on peut considérer que l'eau de boisson est l'eau du Nil, eau tombée sous forme de pluie au-dessus des régions sources du Nil.

Document 4 : variations des flux sédimentaires détritiques dans les lacs Sinnda et Kitina (République du Congo)

Durant la période étudiée, ces lacs étaient situés en milieu forestier. Dans les milieux forestiers intertropicaux, les particules solides transportées par les cours d'eau proviennent surtout de l'érosion des berges. Ainsi, la charge solide des cours d'eau est directement corrélée aux crues et donc aux précipitations.

Un assèchement complet du lac provoque une interruption de la sédimentation (hiatus).



cnsr.fr - J. Bertaux

Correction

En fluo, apport de connaissances.

On sait que le $\delta^{18}\text{O}$ est un thermomètre isotopique permettant de retracer les variations climatiques. On veut expliquer comment le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré sur des os et de l'émail des dents de momies égyptiennes a permis de reconstituer l'évolution des précipitations en Afrique intertropicale entre 5500 ans BP et 1500 ans BP, et que les résultats de cette étude sont en accord avec les enregistrées dans les sédiments.

Le **document 1** montre les variations de $\delta^{18}\text{O}$ des os (constitués d'apatite, soit du phosphate de calcium) et de l'émail des dents (constituées d'hydroxyapatite, soit du phosphate de calcium hydraté) de momies égyptiennes entre -5500 ans BP et -1500 ans BP.

Les différents points de mesure montrent une tendance haussière du $\delta^{18}\text{O}$ des os et dents entre ces deux dates : il passe (en moyenne) de 21 ‰ à 23‰ (avec une grande variabilité des mesures).

Or le **document 2** établit une corrélation entre ce $\delta^{18}\text{O}$ et le $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de boisson. En effet, $\delta^{18}\text{O}_w = 1,54 \delta^{18}\text{O}_p - 33,72$.

Ainsi, un $\delta^{18}\text{O}_p$ élevé traduit un $\delta^{18}\text{O}_w$ élevé et inversement.

Le **document 3** indique que l'eau de boisson des Egyptiens provient du Nil, et qu'avant d'alimenter le Nil, cette eau est initialement tombée sous forme de pluie.

Dans la zone d'étude (ici intertropicale), le facteur majeur contrôlant le $\delta^{18}\text{O}$ est d'ailleurs la quantité de précipitations et non la température (les températures ne varient que peu au cours de l'année dans cette bande climatique).

On remarque, pour les deux sites d'étude que sont Entebbe (bassin du Nil Blanc) et Addis Abeba (bassin du Nil Bleu), que plus les précipitations sont élevées, plus le $\delta^{18}\text{O}$ diminue (par exemple, 270 mm de pluie en avril à Entebbe et $\delta^{18}\text{O}$ de -3‰ ; 75 mm de pluie en août pour le même lieu, et $\delta^{18}\text{O}$ de -2‰).

Ainsi, un $\delta^{18}\text{O}$ bas dans les précipitations se traduit par un $\delta^{18}\text{O}$ bas dans l'eau du Nil et donc dans l'eau de boisson des Egyptiens (et inversement).

En reliant au documents 1 et 2, le $\delta^{18}\text{O}_p$ augmentant dans les os et émail des dents, et ce $\delta^{18}\text{O}_p$ étant corrélé au $\delta^{18}\text{O}_w$ de l'eau de boisson qui croît lui-aussi, cela signifie que les précipitations se sont raréfiées entre -5500 ans BP et -1500 ans BP.

Le **document 4** exploite quant à lui les variations des flux sédimentaires détritiques (= débris issus de l'érosion des berges dans le milieu forestier de l'époque) dans les lacs Sinnda et Kitina cette fois situés à l'ouest de l'Afrique (RDC), soit à 2000 ou 3000 km des lieux étudiés précédemment.

Ces particules solides transportées sont directement corrélées aux crues, et donc aux précipitations.

On constate, pour le lac Kitina, une baisse des flux sédimentaires détritiques (pour le quartz et l'argile) entre -6000 ans et -1400 ans BP, soit pendant la période d'étude : le flux sédimentaire passe de 0,004 à 0,005 g/cm/an à presque 0 g/cm/an.

La tendance est la même pour le lac Sinnda malgré l'absence de données entre -4000 et -1200 ans (dû à l'assèchement complet du lac).

Cela traduit ainsi une baisse de précipitations pendant la période d'étude.

Conclusion.

Les données issues du $\delta^{18}\text{O}_p$ des os et de l'émail des dents de momies peuvent être corrélées au $\delta^{18}\text{O}_w$ de l'eau de boisson du Nil, cette eau ayant pour origine les précipitations. Elles montrent un assèchement des précipitations dans la région entre -5500 ans BP et -1500 ans BP. Cet assèchement est confirmé par les flux sédimentaires dans des lacs situés à quelques milliers de km de la zone d'étude.

Qualité de la démarche	Éléments scientifiques tirés des docs et 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