

# Paléoclimatologie isotopique de la station littorale d'Auvernier-Port (lac de Neuchâtel)

Autor(en): **Lemeille, Elisabeth / Olive, Philippe**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **25 (1982)**

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-835563>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Paléoclimatologie isotopique de la station littorale d'Auvernier-Port (lac de Neuchâtel)

## 1. Introduction

1.1. A partir de fouilles effectuées en différents points du rivage du lac de Neuchâtel, P. VOUGA établit, entre 1920 et 1930, la première stratigraphie du néolithique de la Suisse occidentale. Récemment, en prévision du tracé d'une route en bordure du lac, les autorités cantonales et fédérales suisses, conscientes de la valeur de ce patrimoine, mirent à la disposition des archéologues les moyens financiers qui rendirent possible une étude du site d'Auvernier.

1.2. Sur le bloc D, Louis CHAIX étudia les mollusques. Sur les tests de *Bithynia tentaculata* et *Valvata piscinalis* et sur la fraction calcaire du sédiment nous avons mesuré les rapports isotopiques  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  et  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  des carbonates pour tenter de préciser l'évolution du milieu durant la période considérée: Néolithique moyen, récent et final (5000 à 4000 ans BP environ).

## 2. Bref rappel de paléoclimatologie isotopique

Deux faits sont à considérer.

2.1. Durant les multiples étapes qui jalonnent le cycle de l'eau des ségrégations ont lieu entre les différentes molécules d'eau: les plus légères étant généralement plus mobiles. Ces ségrégations, ou fractionnements, se traduisent par des enrichissements ou des appauvrissements en oxygène-18 ( $^{18}\text{O}$ ): l'isotope lourd de l'oxygène.

La valeur de ce fractionnement en  $^{18}\text{O}$  s'exprime en delta ( $\delta$ ) ou parts pour mille (‰) par rapport à un standard de référence. Sous nos climats les eaux de surface présentent des  $\delta^{18}\text{O} < 0$  et l'enrichissement est, pour les eaux de surface, proportionnel à la température du milieu:

$$(1) \text{Eaux: } \Delta^{18}\text{O}/\Delta t \approx +0,40\text{‰}/^{\circ}\text{C} \text{ (à } \pm 0,05\text{‰)}$$

Ce qui revient à dire que le  $\delta^{18}\text{O}$  d'une eau de surface s'élèvera d'environ 0,4‰ pour une augmentation de la température du milieu ambiant de 1°C.

Ce gradient isotopique qui est lié au gradient adiabatique de l'air est donc resté constant au cours du temps.

2.2. Un carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) précipitant dans l'eau verra sa teneur en  $^{18}\text{O}$  s'établir en fonction de la teneur en  $^{18}\text{O}$  de l'eau du milieu de précipitation et de la température de l'eau.

La dépendance du  $\delta^{18}\text{O}$  du carbonate est donc double. A la fois du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau (équation 1) et de la température de l'eau du milieu où précipite le carbonate:

$$(2) \text{Carbonate: } \Delta^{18}\text{O}/\Delta t \approx -0,20\text{‰}/^{\circ}\text{C} \text{ (à } \pm 0,03\text{‰)}$$

Si bien que finalement, pour l'ensemble eau + carbonate, on aboutit à:

$$(3) \text{Eau + carbonate: } \Delta^{18}\text{O}/\Delta t \approx +0,20\text{‰}/^{\circ}\text{C} \text{ (à } \pm 0,08\text{‰)}$$

2.3. En définitive, toute augmentation de 1°C de la température du milieu entraînera un enrichissement en  $^{18}\text{O}$  de 0,2‰ des carbonates précipitant dans un lac à condition bien entendu que le  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau du lac reste constant.

## 3. Application à la série d'Auvernier-Port

Sur la figure 1 sont reportées les teneurs en  $^{18}\text{O}$  des carbonates du test des mollusques et du sédiment rapportés au standard international PDB et mesurées à  $\pm 0,2\text{‰}$ .

On constate tout d'abord que l'amplitude maximum de variation des teneurs en  $^{18}\text{O}$  sur l'ensemble de la série est de 3‰. Ce qui, avec le gradient de 0,2‰ par °C, indique un réchauffement de 15°C. Mais les données sédimentologiques, malacologiques, palynologiques, ... s'opposent à un réchauffement d'une telle ampleur.

Il y a donc lieu de faire intervenir, conjointement, une variation du  $\delta^{18}\text{O}$  de l'eau du lac. L'évaporation de l'eau d'un lac entraîne un enrichissement en  $^{18}\text{O}$  de la masse d'eau lacustre: la vapeur d'eau évaporée étant préférentiellement constituée de molécules plus légères à  $^{18}\text{O}$ . Il en résulte donc pour les carbonates une augmentation de leur teneur en  $^{18}\text{O}$  qui n'est pas due uniquement à un réchauffement (équation 3).

On peut raisonnablement penser que l'augmentation de l'évaporation s'est accompagnée d'une légère augmentation de la température. En effet, l'évaporation est fonction, outre de la température, de la tension de vapeur de l'atmosphère et de la vitesse du vent.

Partons d'une augmentation de température de 4°C. Elle se traduit (équation 3) par une augmentation du  $\delta^{18}\text{O}$  des carbonates de 0,8‰. Le reste, 3-0,8 = 2,2‰, est dû à l'évaporation.

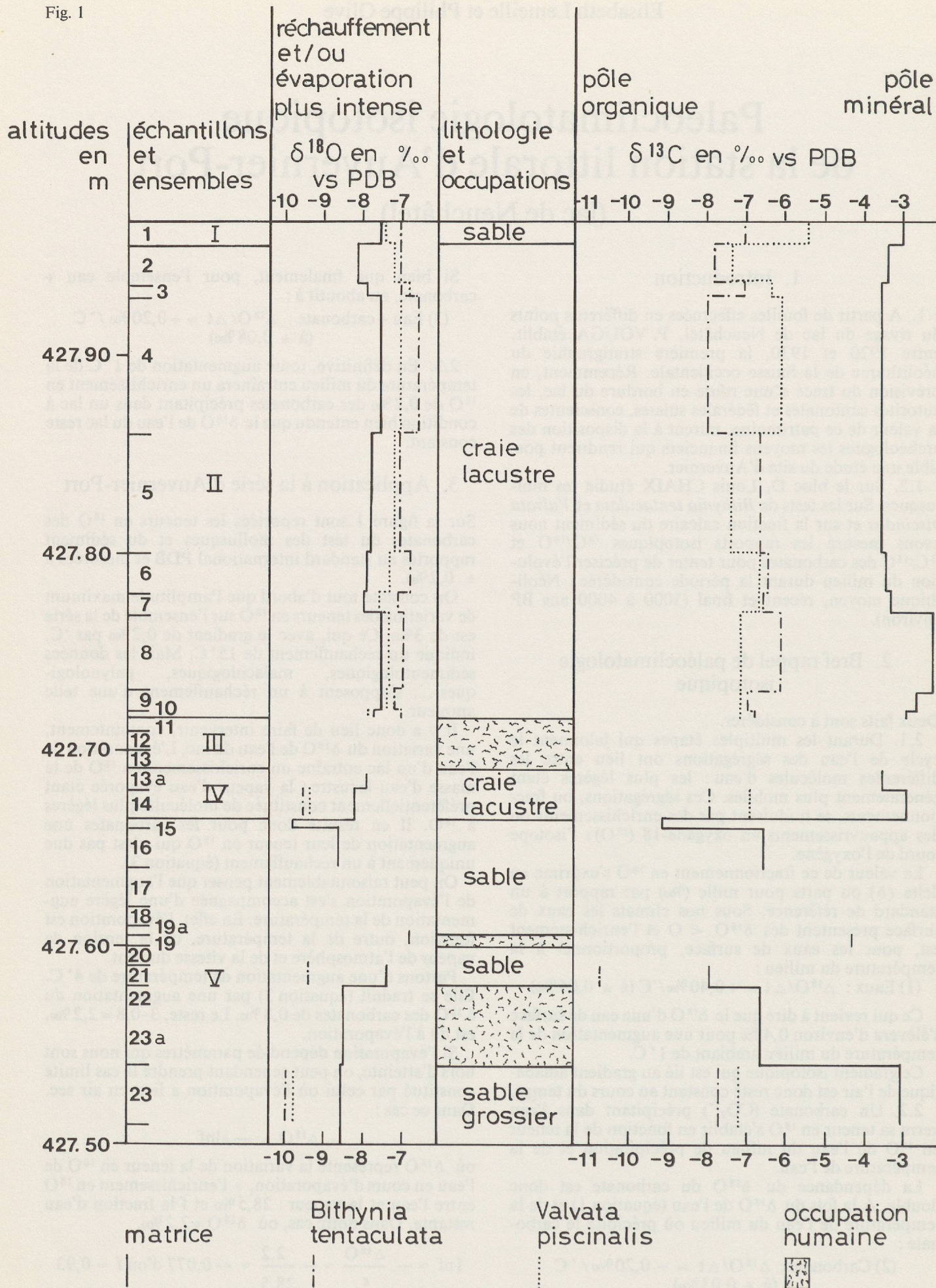
Si l'évaporation dépend de paramètres qui nous sont hors d'atteinte, on peut cependant prendre le cas limite constitué par celui où l'évaporation a lieu en air sec. Dans ce cas:

$$\Delta^{18}\text{O} \approx -\epsilon \ln f$$

où  $\delta^{18}\text{O}$  représente la variation de la teneur en  $^{18}\text{O}$  de l'eau en cours d'évaporation,  $\epsilon$  l'enrichissement en  $^{18}\text{O}$  entre l'eau et la vapeur: 28,5‰ et  $f$  la fraction d'eau restante. Dans notre cas, où  $\delta^{18}\text{O} = 2,2\text{‰}$ ,

$$1 \ln f \approx -\frac{\Delta^{18}\text{O}}{\epsilon} \approx -\frac{2,2}{28,5} \approx -0,077 \text{ d'où } f \approx 0,93$$

Fig. 1



Ainsi, l'évaporation de 7% de la masse d'eau du lac de Neuchâtel rendrait compte de l'augmentation de la teneur en  $^{18}\text{O}$  de 2,2‰.

Cette évaporation se manifesterait par une baisse de niveau du lac que nous pouvons évaluer. En effet, le volume d'eau actuel du lac est de  $14,115 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , 7% représentent  $\approx 10^9 \text{ m}^3$ . La surface du lac étant de  $217,1 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ , cette diminution de  $\approx 10^9 \text{ m}^3$  se traduit donc par une baisse du niveau d'environ 5 m ( $10^9 \text{ m}^3 / 217,1 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ ).

Cette baisse du niveau du lac ne s'est évidemment pas effectuée en une seule année. Supposons qu'elle se soit étendue sur une centaine d'années, l'évaporation annuelle était donc de l'ordre de  $\approx 10^9 \text{ m}^3 / 100 \text{ ans} \approx 10^7 \text{ m}^3/\text{an}$ . L'évaporation actuelle étant de  $16 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{an}$  il suffit donc de l'augmenter de 6% par an pour aboutir au bout d'un siècle à une baisse du lac de 5 m.

Donc une augmentation de température de 4°C et une augmentation de l'évaporation de 6% pendant une centaine d'années rendent compte d'une augmentation de la teneur en  $^{18}\text{O}$  de 3‰. De plus il en résulterait une baisse du niveau du lac de 5 m.

Seule une carotte prise au large du site d'Auvernier à une profondeur d'une dizaine de mètres permettrait d'avoir une série continue de craie lacustre. On pourrait alors étudier les variations de la teneur en  $^{18}\text{O}$  de l'eau du lac lors des installations humaines.

#### 4. Les données du $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

Le contenu isotopique en  $^{13}\text{C}$  des carbonates lacustres est en relation avec l'environnement.

4.1. En effet l'origine des carbonates peut être purement physico-chimique. Le  $\delta^{13}\text{C}$  des carbonates est alors voisin de +3‰, le fractionnement entre le  $\text{CO}_2$  atmosphérique ( $\delta^{13}\text{C} \approx -7‰$ ) et les carbonates étant de 10‰.

4.2. L'origine peut être aussi organique. Le carbone utilisé, provenant de la respiration et de la décomposition des plantes, est très déficitaire en  $^{13}\text{C}$ . Le  $\delta^{13}\text{C}$  des carbonates est alors proche de -16‰ le fractionnement, toujours de 10‰, s'effectuant à partir du  $\text{CO}_2$  biogénique à -26‰.

4.3. Les teneurs en  $^{13}\text{C}$  pouvant varier de +3‰ (pôle physico-chimique) à -16‰ (pôle organique), donnent donc une bonne indication de l'importance de l'intervention du carbone organique lacustre au moment de la cristallisation du carbonate.

4.4. Tout comme les teneurs en  $^{18}\text{O}$ , les teneurs en  $^{13}\text{C}$  de l'ensemble II restent relativement stables autour d'une valeur moyenne de -3‰ pour la matrice et -7‰ pour les coquilles, attestant d'un mélange entre les  $\text{CO}_2$  atmosphérique et biogénique. L'influence organique p peut être évaluée à 40% :

$$\frac{(-3) + (-7)}{2} = p \cdot (-16) + (1 - p) \cdot (+3)$$

Echantillons	$\delta^{18}\text{O}$ en ‰ vs PDB			$\delta^{13}\text{C}$ en ‰ vs PDB		
	Matrice	<i>Bithynia tentaculata</i>	<i>Valvata piscinalis</i>	Matrice	B	V
1	-7,52	-7,00	-7,56	-3,01	-7,04	-5,46
2	-8,08	-6,99	-6,97	-3,40	-7,74	-7,31
3	-7,85	-6,99	-6,83	-4,03	-7,03	-6,32
4	-7,52	-6,48	-7,00	-3,49	-8,98	-6,05
5	-7,78	-7,00	-7,10	-3,52	-6,63	-7,41
6	-7,88	-6,71	-7,37	-3,37	-6,45	-6,64
7	-7,92	-7,08	-7,57	-3,28	-6,66	-6,68
8	-7,54	-6,89	-7,22	-2,18	-6,12	-7,12
9	-7,54	-7,18	-7,54	-2,62	-6,94	-7,12
10	-7,71	-7,07	-7,93	-2,89	-6,84	-7,18
13 a	-7,88	-	-	-3,47	-	-
14	-8,23	-9,53	-9,53	-2,94	-7,90	-6,91
15 a	-9,83	-	-	-9,10	-	-
16	-8,64	-	-	-6,50	-	-
19	-6,79	-	-	-4,24	-	-
21	-7,41	-9,36	-	-7,98	-10,76	-
22-23 a	-8,48	-	-	-6,63	-	-
23	-8,53	-9,98	-9,72	-3,00	-7,76	-7,21

#### 5. Conclusions

Le bloc de terrain D étudié ici présente une série qui s'étend sur 1000 ans environ. Les valeurs observées, tant en  $^{18}\text{O}$  qu'en  $^{13}\text{C}$ , n'ont pas subi de grandes variations. La variation maximale en  $^{18}\text{O}$  pourrait s'expliquer par une baisse de niveau du lac de 5 mètres. Baisse qui n'exige pas de changement climatique important.

On peut supposer que les occupations humaines ont eu lieu aux moments où le bilan hydrologique des eaux de surface (lacs, sources) devenait déficitaire durant l'été. Il en résultait un tarissement des sources de la région, ce qui conduisait les populations à venir s'installer vers le seul point d'eau permanent : le lac de Neuchâtel.

Juillet 1978

#### Bibliographie

- CHAIX L., CHASSAING B., OLIVE Ph.  
1982 «Premières données sur la composition isotopique du test des mollusques actuels de quelques plans d'eau nord-alpins», *Arch. Sc. Genève*, 35, 1; 3-22.

