

# Mise en évidence d'importantes glaciations anciennes par l'étude des remplissages karstiques du Réseau des Sieben Hengste (Chaîne bordière helvétique)

Autor(en): **Jeannin, Pierre-Yves**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **84 (1991)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-166769>

## **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.

# Mise en évidence d'importantes glaciations anciennes par l'étude des remplissages karstiques du Réseau des Sieben Hengste (Chaîne bordière helvétique)

Par PIERRE-YVES JEANNIN<sup>1)</sup>

## RÉSUMÉ

Le massif karstique des Sieben Hengste est situé dans la Chaîne bordière helvétique au nord du Lac de Thoune. Il contient de nombreuses cavités dont la plus importante est le «Réseau Sieben Hengste-Hohgant» qui développe plus de 120 km de galeries. Des études de la géométrie et de la morphologie des galeries (Hof et al. 1984) ont permis de montrer qu'au fur et à mesure de l'enfoncement du niveau de base des vallées environnantes, la zone noyée du karst s'est abaissée, formant une succession de galeries situées à des altitudes décroissantes.

Les matériaux allochtones des remplissages détritiques du Réseau des Sieben Hengste impliquent la présence, dans le passé, de glaciers sur le massif jusqu'à plus de 1750 m d'altitude (altitude actuelle). Or, lors des cinq dernières avancées glaciaires connues dans la région (âge jusqu'à 400 000 ans) les glaciers n'ont jamais dépassé l'altitude de 1450 m. L'événement glaciaire mis en évidence ici est donc plus ancien. L'analyse géométrique, granulométrique, pétrographique et l'analyse des argiles des sédiments détritiques semblent montrer que ces dépôts se sont mis en place dans le karst peu après le retrait de ce(s) grand(s) glacier(s).

## ABSTRACT

The karstic area of Sieben Hengste is located in the Helvetic Border Chain north of Lake Thun. The area contains many caves. The largest of them being the Sieben Hengste-Hohgant Cave System with a length of over 120 km. Geometrical and morphological studies (Hof et al. 1984) have shown that the lowering of base level of the nearest valleys probably results in lowering of the phreatic zone of the karst system, forming a maze of phreatic galleries at different altitudes.

Presence of allochthonous elements in detrital sediments of the Sieben Hengste Cave System shows that large glacier(s) covered this area to an altitude higher than 1,750 m. We know that during the five last glacial events (ages less than 400,000 years), the highest ice level in this area was 1,450 m. The glacial event depicted in the cave sediments is therefore older. Analysis of geometry, grain size, petrography and clays of these detrital sediments seems to show that they were deposited in the karstic system shortly after the large glacier(s) melted.

## 1. Cadre de l'étude

Le Réseau des Sieben Hengste se situe au nord de Lac de Thoune (fig. 1), dans la Chaîne bordière helvétique. Cette chaîne présente un flanc sud-est penté régulièrement, interrompu au nord-ouest par d'abruptes falaises dominant le Plateau suisse. La partie supérieure, située entre 1700 m et 2000 m d'altitude est dénudée et largement lapiazée; plus bas, le sol marécageux est dominé par des forêts de sapins. La pluviométrie annuelle est comprise entre 1500 et 2000 mm/an.

---

<sup>1)</sup> Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, 11 rue E. Argand, 2006 Neuchâtel.

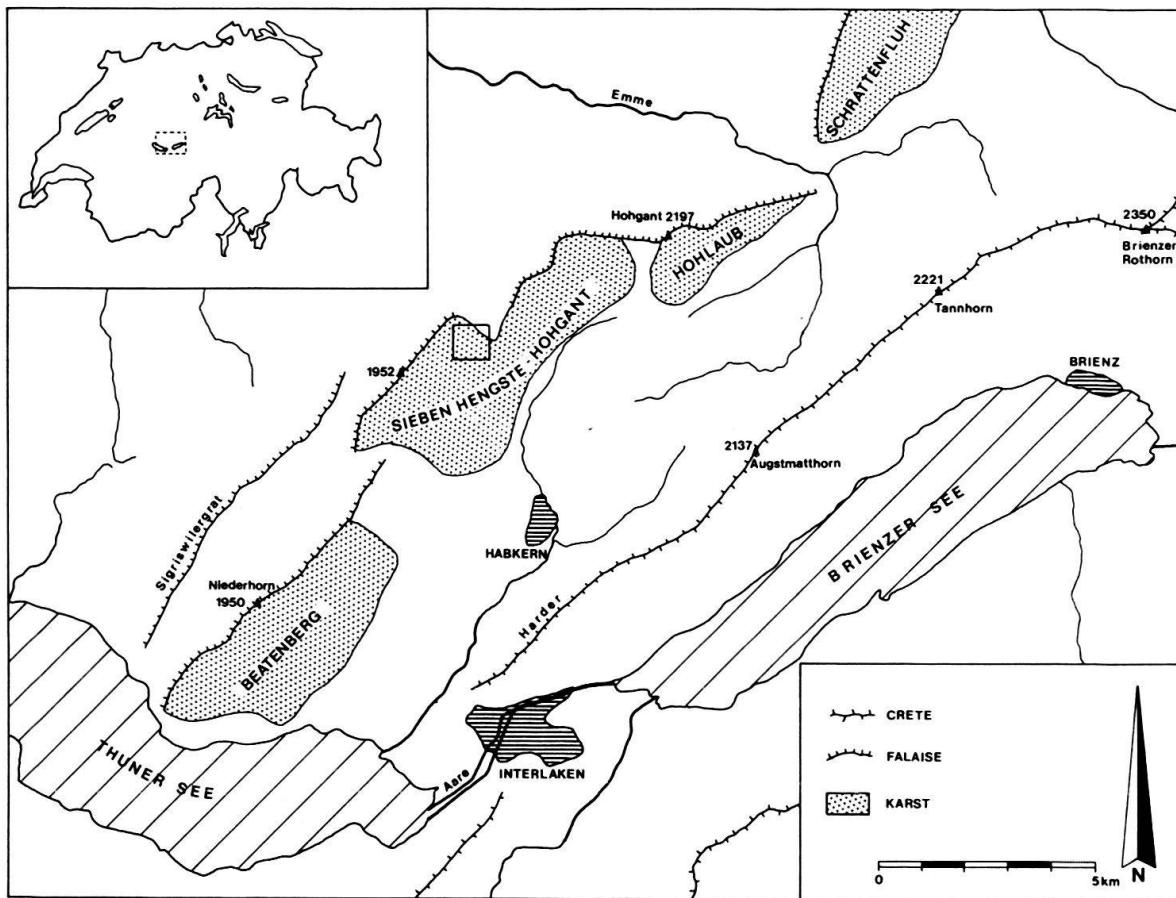


Fig. 1. Situation du terrain étudié.

Cette région contient de vastes réseaux de galeries (grottes et gouffres) totalisant plus de 175 kilomètres de développement, parmi lesquelles le «Réseau des Sieben Hengste-Hohgant» qui développe à lui seul plus de 120 km. Ce système de conduits s'est formé principalement dans les calcaires du Schrattenkalk. Des études de la géométrie et de la morphologie des galeries (HOF et al. 1984) ont permis de mettre en évidence 3 stades d'évolution du Réseau. Pendant le premier stade, la zone noyée était située à une altitude comprise entre 1450 et 1900 m<sup>2</sup>) et les écoulements, noyés, étaient dirigés vers le NE. Pendant le deuxième stade, la zone noyée du karst était comprise entre 900 et 1450 m d'altitude avec des écoulements noyés en direction du SE, puis pendant le troisième stade (actuel) la zone noyée s'est abaissée au-dessous de 800 m. Ainsi, les galeries les plus anciennes, creusées il y a bien longtemps dans la zone noyée du karst, se trouvent aujourd'hui à des altitudes supérieures à 1400 mètres, c'est-à-dire plus de 700 mètres au-dessus de la zone noyée actuelle du karst.

<sup>2</sup>) Les altitudes citées dans cet article sont les altitudes actuelles auxquelles des dépôts glaciaires ont été découverts. A cause de la surrection alpine, elles ne correspondent pas forcément aux altitudes des glaciers au moment de leur existence.

Une présentation plus complète de la région, de son contexte géologique et de son système karstique peuvent être trouvés dans HOF et al. (1984), BITTERLI (1989), JEANNIN (1989a) et JEANNIN (1990).

## 2. Introduction et buts

L'étude des remplissages endokarstiques peut apporter des informations paléoclimatiques intéressantes (QUINIF 1990) et une meilleure compréhension de l'hydrogéologie karstique. C'est dans cette optique que l'étude des remplissages du Réseau des Sieben Hengste a été entreprise. Quatre coupes stratigraphiques y ont été étudiées.

Pour chaque coupe, quatre types d'observations répondant chacune à une intention ont été effectuées:

1) La géométrie des niveaux sédimentaires donne des informations sur les conditions de dépôt du sédiment, donc sur le régime hydrologique (débit, variabilité, ...) régnant lors du dépôt. Le levé de chacune des tranchées, effectué conformément aux méthodes des archéologues représente la géométrie réelle des dépôts.

2) La granulométrie des sédiments renseigne sur les vitesses limites de dépôt ou d'érosion des sédiments. La courbe granulométrique renseigne également sur le mécanisme de mise en place du sédiment. La séparation des fractions granulométriques permet, en outre, de trier, dans chaque classe, les matériaux de diverses origines.

3) La pétrographie et la morphologie des galets ou graviers permet de déterminer l'origine des matériaux et, par conséquent, de faire des hypothèses sur le type et l'importance du transport de ceux-ci avant leur piégeage dans le karst.

4) La minéralogie des argiles (particules de diamètre  $< 2 \mu\text{m}$ ) devrait permettre de mettre en évidence la présence ou non d'un sol en surface au moment du dépôt des sédiments, ou juste avant leur dépôt. L'étude des argiles des profils étudiés est présentée globalement à la fin de cet article.

## 3. Les profils étudiés

A titre d'exemple, un profil est décrit ici en détail de manière à ce que le lecteur puisse comprendre le type des raisonnements utilisés en sédimentologie des dépôts endokarstiques. Les autres profils sont décrits en détail dans JEANNIN (1989b).

### 3.1 La grotte du Téléphone (coord.: 630 060/179 750/1580 m)

La figure 2 donne une idée de l'allure de la grotte et de la position du profil étudié. La grotte du Téléphone se situe à 1580 m d'altitude environ 20 à 30 mètres au-dessous de la limite entre le Schrattealk et les grès éocènes sus-jacents.

La morphologie de la grotte indique qu'elle a été creusée en régime noyé; elle a ensuite été remplie par d'abondants sédiments. La dimension de la galerie ainsi que la situation par rapport au Réseau, indiquent qu'il s'agit certainement d'une portion d'un important collecteur souterrain datant d'une époque à laquelle la zone noyée du système karstique était située à plus de 1600 mètres d'altitude. Le remplissage de la grotte du Téléphone doit donc être «assez ancien», mais son âge absolu n'est pas connu.

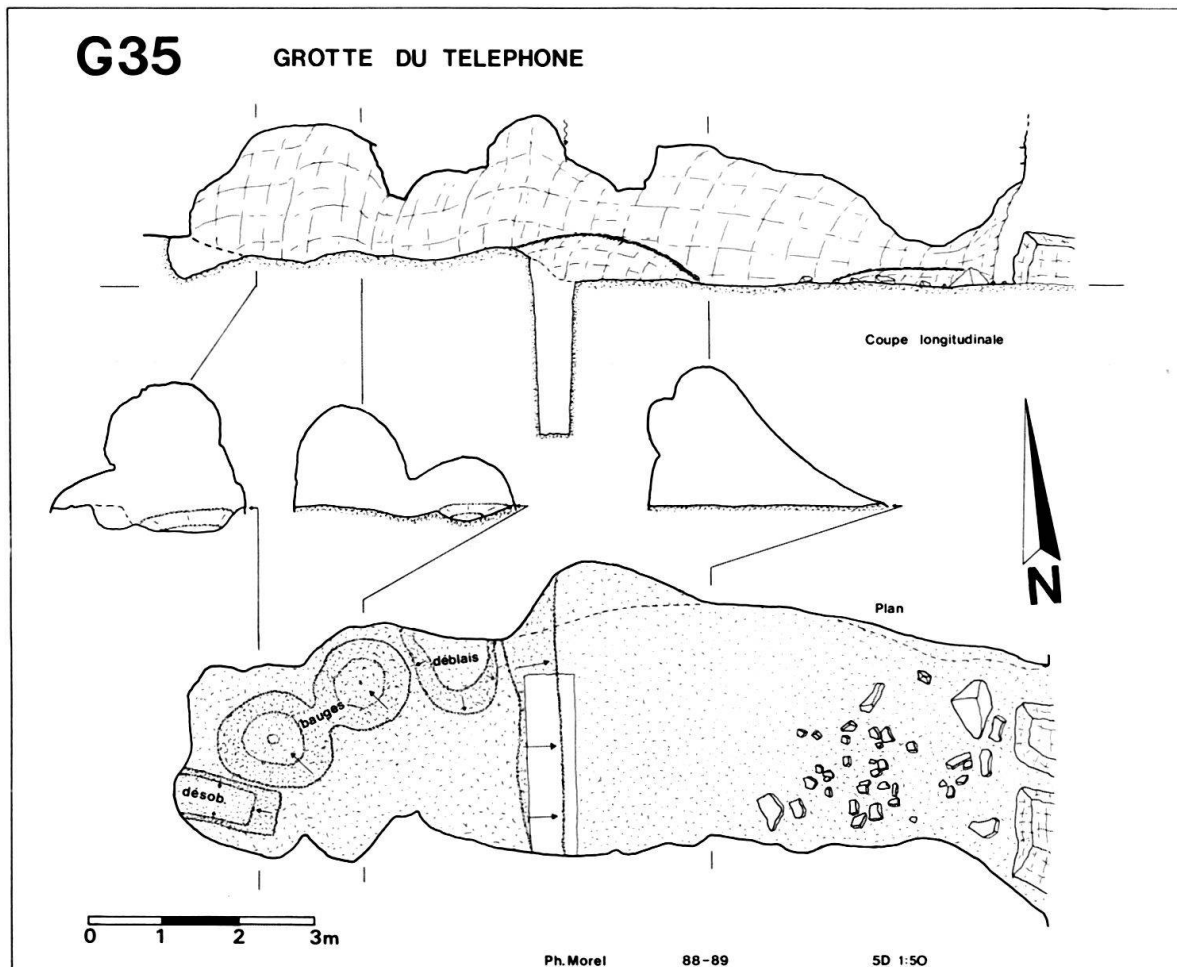


Fig. 2. Topographie détaillée de la Grotte du Téléphone. La tranchée dans le sédiment est située à environ 6 m de l'entrée de la grotte. («désob.» signifie: «tentative de désobstruction de la galerie dans l'espoir d'en découvrir la suite».)

### Le remplissage (figs. 3 et 4)

#### *Membre 1:* (couches 25 à 22)

Des sables laminés alternent en discordance (contacts érosifs) avec des dépôts grossiers. Ces derniers contiennent des blocs peu roulés verdâtres et friables, il pourrait s'agir d'éléments de moraine de fond ou de tillite (?). Des galets de grès, plus petits (diamètre 1 à 2 cm) et très arrondis sont également présents. Les vitesses de courant sur le fond de la galerie devaient par conséquent (HJULSTRÖM 1939) varier entre 50 cm/s pour les niveaux à galets, et 4 cm/s pour les niveaux sableux; c'est-à-dire que les débits variaient au moins d'un facteur 1 à 25. Les dépôts les plus grossiers doivent correspondre à des grosses crues, et les sables laminés au régime «normal» entre les crues. D'après cette coupe, il est difficile de savoir si les dépôts se sont mis en place alors que le régime était noyé ou vadose, par conséquent l'estimation du débit n'est guère possible.

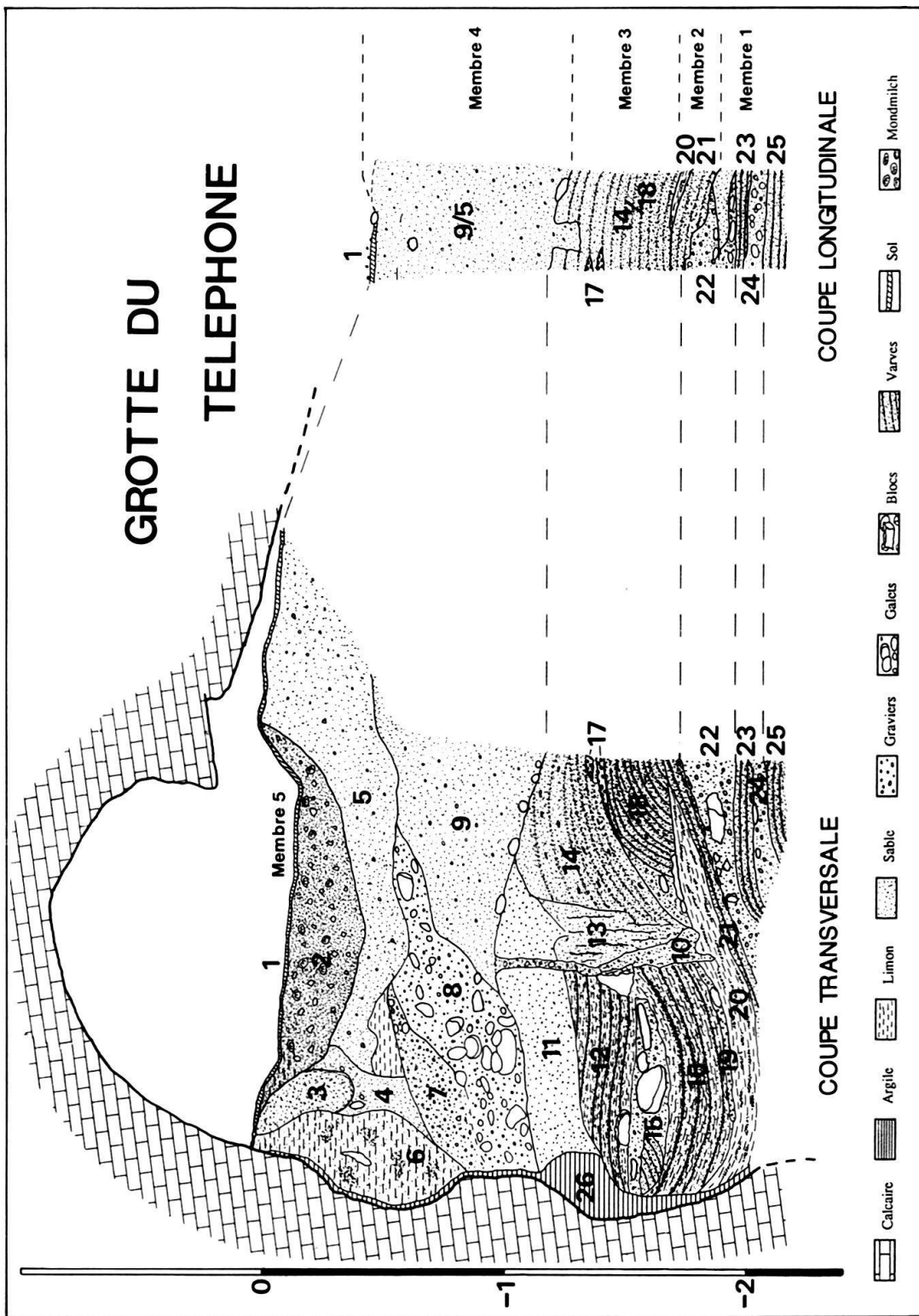


Fig. 3. Profil stratigraphique dans le remplissage détritique de la Grotte du Téléphone. 25 couches regroupées en 5 membres ont été distinguées. Un gros galet de granite a été extrait de la couche No. 8.

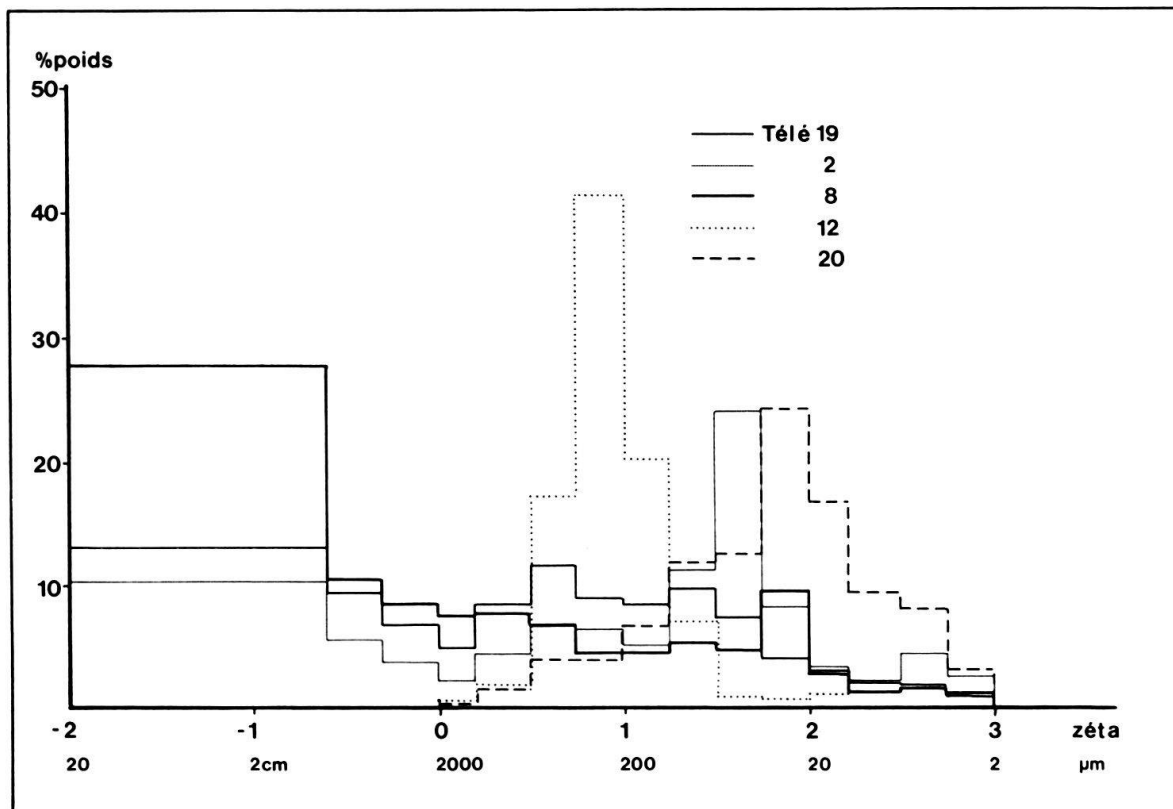


Fig. 4. Granulométrie (% masse) des sédiments de la Grotte du Téléphone. Les masses (sèches) de sédiment de chaque classe ont été divisées par la largeur des classes («masses pondérées»).

#### *Membre 2: (couches 21 à 20)*

A la base de la couche 21 se trouve un mince niveau argileux discontinu, visiblement érodé. Il est surmonté d'une couche sableuse, puis d'une lentille argilo-limoneuse, varvée, contenant quelques niveaux de sable bien lavés.

La présence de dépôts fins est indicatrice d'un milieu calme (lac ou conduit noyé). La granulométrie de ces dépôts est assez unimodale (fig. 3, couche 20), avec un maximum important entre 36 et 63  $\mu\text{m}$ ; les éléments les plus grossiers ne dépassant pas 4 mm de diamètre. L'échantillon de limon analysé englobe plusieurs varves et caractérise donc des conditions de dépôt non uniformes. Parmi les grains d'un diamètre supérieur à 1,25 mm se trouvent les calcaires et les grès de l'encaissant, ainsi que des silex et des grès verts allochtones qui pourraient provenir de dépôts morainiques.

Les vitesses d'écoulement au moment du dépôt des limons devaient être de l'ordre de 0,5 cm/s, elle pouvaient atteindre 5 à 10 cm/s pour les dépôts grossiers.

#### *Membre 3: (couches 19 à 12)*

La couche 19 contient des blocs verdâtres de 5 à 10 cm de diamètre, peu arrondis, assez friables et englobant des petits galets de Schrattekalk. Il pourrait s'agir de blocs de moraine de fond ou de tillite (?). D'après SCHLÜCHTER (comm. orale) qui a observé cet échantillon, de telles roches sont inconnues en Suisse, elles présentent une pétrographie comparable à celle des tillites d'Afrique ou du Canada. La couche 19 est sur-



montée de sables fins laminés, localement conglomératiques (couches 15 et 17). Les différentes couches sont discordantes et présentent des contacts érosifs.

La courbe granulométrique de cette couche présente au moins trois modes (fig. 4). Elle doit représenter le dépôt d'une crue pendant laquelle la vitesse de l'eau a certainement dépassé 50 cm/s. La majorité des gros galets (1<sup>er</sup> mode) a été transportée par cette crue. Le deuxième mode correspond plus ou moins à celui des sables sus-jacents. Il pourrait résulter, soit de l'infiltration des sables depuis le haut, soit du dépôt de particules plus fines pendant la décrue. L'origine du mode entre 36 et 63  $\mu\text{m}$  est difficile à interpréter.

Parmi les blocs de la couche 19 se trouvent, outre les morceaux de grès verts (tilite?), de nombreux grains de quartz qui peuvent provenir de la désagrégation des grès de la Hohgant-Serie. On y trouve également des morceaux de croûtes ferrugineuses en forme de plaquettes sur les faces desquelles des grains de quartz sont collés. Des silex, des morceaux de granites et de gneiss, ainsi que des morceaux de Schrattekalk et de grès du Hohgant ont été observés. Certains blocs de grès verdâtres semblent contenir des morceaux de bois.

La couche 12 présente la granulométrie d'un sable bien trié avec un maximum entre 200 et 355  $\mu\text{m}$ ; les grains les plus grossiers ne dépassent pas 2 mm de diamètre. Les laminations peu marquées de ce sédiment indiquent qu'il a dû se développer dans des courants de 1 à 3 cm/s, qui variaient peu au cours du temps.

Remarquons que tous les échantillons présentent un petit mode granulométrique vers 5  $\mu\text{m}$ .

#### *Membre 4: (couches 11 à 3)*

Couches irrégulières de sables, graviers et galets, sans laminations apparentes. Les contacts entre les couches sont érosifs et ne présentent pas de matériaux fins. Ceux-ci ont donc été érodés ou non déposés. Le «filon» 10 montre qu'il y avait certainement de longues périodes exondées entre le dépôt de deux couches successives car ce sédiment semble s'être mis en place dans une fente de tassement, un trou ou un cañon creusé par un filet d'eau. La lentille limoneuse située entre les couches 7 et 5 montre que des sédiments fins se sont peut-être déposés mais ont dû être érodés. Les couches 3, 4 et 6 semblent résulter du remplissage de chenaux creusés par un petit ruisseau.

La couche 8 contient de gros galets; le mode de la distribution granulométrique est situé au-delà de 8 mm de diamètre, les plus gros galets atteignant 25 cm de diamètre. La courbe granulométrique montre un sédiment très mal trié avec un deuxième mode bien marqué entre 20 et 36  $\mu\text{m}$ . Ces matériaux fins peuvent provenir de l'infiltration par percolation des limons sus-jacents, ou de matériaux fins déposés simultanément ou peu après les galets et qui les auraient envahis.

La géométrie et la granulométrie font penser qu'il s'agit de dépôts de crues. Les courants commencent par éroder le dépôt sous-jacent, puis par déposer un mélange de matériaux grossiers et fins.

Dans la fraction supérieure à 8 mm, 13 différents types de roches ont été observés (Tableau 1).

Dans les graviers (<8 mm), signalons la présence marquée de granites, de gneiss et d'oxydes de fer. Pendant le creusement de la fouille, un gros galet de granite de 25 cm de diamètre a été extrait de la couche No. 8. D'après M. H.-A. Stalder de Berne, il s'agirait de MITTAGFLUHGRANIT, provenant de la région du Grimsel.



QUANTITE	ROCHE
50.5 %	Schrattenskalk
17.1 %	grès fins calcaires verdâtres un peu arrondis
7.9 %	calcaires beiges avec un réseau de microdiaclasses, très arrondis
7.2 %	calcaires indéterminés
6.0 %	calcaires beiges à gris sans microdiaclasses
3.8 %	marnes silteuses avec micas, tendres et arrondies
1.6 %	petits galets calcaires divers
1.6 %	grès polygéniques ne ressemblant pas à ceux de la Hohgant Serie et contenant des minéraux noirs
1.3 %	morceaux de veines diverses (calcite et quartz)
1.0 %	grès siliceux grossiers clairs (grès du Hohgant)
0.9 %	calcaires très arrondis, gris clairs à l'altération et plus foncés à la cassure
0.6 %	roches métamorphiques (gneiss et quartzites vertes)
0.5 %	microconglomérat ou de calcaire à grosses ooïdes, subarrondi

100.0 % (masse)

Tableau 1: Pétrographie des galets de la couche No. 8 de la Grotte du Téléphone. Treize types de roches différentes sont présents, attestant l'origine glaciaire des matériaux.

L'origine très hétérogène des galets et la granulométrie du sédiment font nettement penser que ce dépôt résulte du démantèlement de moraines; les matériaux ayant été transportés dans le karst puis déposés lors de crues. La vitesse du courant a dû atteindre largement 1 m/s, ce qui correspondait, si la galerie était noyée, à des débits de 1 à 2 m<sup>3</sup>/s. A la fin de la période, les crues n'envahissaient plus aussi violemment la galerie et seuls des ruisseaux nettement plus modestes ont creusé des chenaux (couches 3, 4 et 6) qui se sont remplis peu à peu.

#### *Membr 5: (couches 1 et 2)*

La couche 2 est brune et pulvérulente. Elle contient des blocs anguleux, des vacuoles partiellement remplies de calcite; des vers de terre y sont présents.

La couche 1, riche en matière organique, résulte de l'activité biologique; elle est donc influencée par la proximité de la surface (distance actuelle environ 6 m).

La couche 26 s'est mise en place après le tassement du sédiment. Ce processus a libéré un espace entre le remplissage et la paroi rocheuse. Elle a dû se mettre en place avant l'évolution pédologique des couches 1 et 2 (cf. analyse des argiles).

La couche 2 présente une distribution granulométrique à 2 modes principaux (8–200 µm et 36–63 µm). Un mode secondaire s'esquisse entre 200 et 355 µm. La pétrographie des galets et graviers montre que la majorité d'entre-eux est formée de Schrattenskalk et de grès de la Hohgant-Serie. Les blocs sont anguleux et les calcaires présentent un cortex d'altération blanc, épais de 1 à 5 mm. Quelques morceaux de silex, de quartzites verts et d'éventuels granites de Habkern (à feldspaths roses) sont également présents. Les coquilles d'escargots ne sont pas rares.

Le cortex d'altération des blocs calcaires en recouvre toutes les faces. Ceci incite à penser que ces blocs ont été altérés dans le sédiment même. La couleur brune du sédiment, la présence d'escargots et de vers de terre, montrent qu'une pédogenèse s'y développe, provoquant l'altération des blocs et un mélange avec les matériaux sous-jacents du sédiment. Cette hypothèse est confirmée par l'analyse des argiles (cf. analyse des argiles).

## Conclusion

Les sédiments de la grotte du Téléphone attestent la présence passée de glaciers importants à plus de 1600 m d'altitude sur les Sieben Hengste. La couche No. 8, par exemple, qui contient des galets de granite atteignant 25 cm de diamètre et une granulométrie très hétérogène, ne peut résulter que du démantèlement de moraines. De tels sédiments doivent s'être déposés lors de la fonte du-dit glacier.

Si un remaniement holocène du membre No. 5 est évident, les âges des membres 1 à 5 et les conditions climatiques lors de leurs dépôts sont plus délicats à cerner; sont-ils associés au même cycle glaciaire que le membre No. 4, mais témoignant de conditions plus pléniglaciaires? La présence probable de morceaux de bois dans le membre No. 3 inciterait plutôt à penser qu'il s'agit de dépôts liés à un interstade antérieur?!

La question clé à se poser est: «Pendant quelle fonte glaciaire ces dépôts se sont-ils mis en place?» En l'absence de datations, aucune réponse univoque ne peut être formulée. Quelques éléments de réponse peuvent toutefois être avancés:

– Lors des cinq dernières avancées glaciaires (correspondant dans la littérature classique au Riss et au Würm), le glacier de l'Aar n'a jamais dépassé l'altitude de 1450 mètres dans la région des Sieben Hengste (SCHLÜCHTER 1988 et comm. orale). HANTKE (1978) signale l'existence de galets de gneiss dans le Giessbachtal, situé environ 20 km plus en amont dans la vallée de l'Aar, à 1780 m d'altitude. Il les associe à l'avancée glaciaire la plus importante des cinq citées précédemment (Riss sens paléogéographique). Le glacier qui a apporté les sédiments observés à 1600 mètres d'altitude a dû exister voici plus de 400 000 ans, c'est-à-dire avant la première de ces cinq avancées. Relevons le peu de littérature disponible sur les dépôts antérieurs au Würm.

– Les moraines du (des) grand(s) glacier(s) ont pu se déposer en surface et n'être entraînées dans le karst que beaucoup plus tard. Actuellement en surface aucun dépôt semblable n'a été découvert, montrant qu'ils ont été érodés depuis longtemps, certainement bien avant la dernière glaciation. Les dépôts de la grotte du Téléphone sont donc certainement bien plus anciens que la glaciation du Würm.

– La présence d'au moins 10% de matériaux franchement allochtones et la granulométrie de certaines couches rappellent la composition d'une moraine. Les galets calcaires, sauf dans la couche 2, ne présentent pas de cortex d'altération, ils n'ont donc pas dû subir de pédogenèse en surface (l'analyse des argiles confirme cette hypothèse); ils ont souvent une face aplatie, montrant qu'ils ont été peu remodelés après leur «aventure glaciaire».

– L'absence d'indices de la proximité de la surface (sols) dans les membres 1 à 4 montre que l'entrée de la grotte était sûrement plus éloignée du lieu du profil qu'actuellement, c'est-à-dire que la falaise a reculé après la mise en place des sédiments.

Tous ces indices font penser que les sédiments de la grotte du Téléphone sont au moins partiellement d'origine glaciaire, qu'ils se sont mis en place rapidement après le

retrait du glacier, et que leur âge est supérieur à 400 000 ans. D'éventuelles datations par paléomagnétisme permettront peut-être de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse. Quoiqu'il en soit, les informations sur la période plio-quadernaire antérieure à 400 000 ans sont du plus haut intérêt pour les géologues du Quaternaire qui ne disposent que de très peu d'informations à ce sujet.

### 3.2 *La Glacière* (coord.: 630 400/179 720/1700 m)

La galerie principale de la Glacière, située à 1700 mètres d'altitude, est sans doute un ancien collecteur noyé important du réseau des Sieben Hengste (Hof et al. 1984). Elle a été creusée alors que la zone noyée du karst se situait à une altitude comprise entre 1500 et 1750 mètres. Elle doit donc être plutôt plus ancienne que la grotte du Téléphone.

Une coupe de deux mètres de profondeur a été effectuée dans les sédiments de cette galerie.

Le remplissage détritique de la Glacière présente globalement une série beaucoup plus homogène que celle de la grotte du Téléphone, avec une succession de sables et de graviers. Comme à la grotte du Téléphone de nombreux galets très allochtones (granites et autres roches cristallines) sont présents. L'absence de calcaires dans les éléments figurés est surprenante, elle pourrait résulter d'un long transport dans le karst, dissolvant les blocs calcaires, ou d'un séjour des matériaux dans un sol lessivani. Remarquons que la calcite est présente dans la fraction fine ( $<2 \mu\text{m}$ ) de presque tous les échantillons.

Les sédiments étudiés se sont certainement mis en place alors que la galerie était noyée; d'après la granulométrie, les débits transitant étaient compris entre 30 l/s et 3 m<sup>3</sup>/s. L'âge de ces dépôts, ainsi que le temps écoulé entre les sédiments les plus anciens et les plus récents est très difficile à estimer; la série étant certainement discontinue.

D'un point de vue paléoclimatique et paléohydrogéologique, les débits, grossièrement déterminés ici, ont des ordres de grandeur vraisemblables, bien que plutôt élevés par rapport à la surface présumée du bassin versant (1 à 2 km<sup>2</sup>). Ils ne résultent pas forcément de fontes massives. Les autres indices de paléoclimat font défaut, seule l'analyse des argiles permet d'émettre quelques hypothèses complémentaires (cf. analyse des argiles).

### 3.3 *La Galerie des Lausannois* (coord.: 630 560/179 300/1475 m)

La galerie des Lausannois a été creusée en régime noyé, sa section généralement elliptique est de l'ordre de 6 m<sup>2</sup>. Globalement la galerie est plus ou moins horizontale. Son altitude est comprise entre 1450 et 1500 mètres; elle est donc sûrement plus jeune que les deux galeries précédemment étudiées.

L'analyse des remplissages détritiques (2 profils étudiés) et des remplissages chimiques et leur corrélation avec la chronologie de l'évolution des écoulements dans ce secteur ont permis de mettre en évidence une période froide lors de laquelle la zone noyée du karst était située entre 1450 et 1500 mètres d'altitude. Elle a précédé une période chaude (interglaciaire ou interstade) correspondant à un abaissement du niveau de

base. La datation des sédiments (datation radiométrique ou paléomagnétisme) permettrait de dater ces événements climatiques. Des fragments d'incisives de rongeurs ont été découverts dans les sédiments, mais la détermination de l'espèce n'a hélas pas été possible, elle pourrait pourtant fournir des indications chronologiques intéressantes (de plus amples recherches sont en cours). Les matériaux allochtones (granites et gneiss) sont présents comme dans les sédiments des profils précédents.

#### 4. Analyse des argiles

L'analyse des argiles a été effectuée par diffraction X sur la fraction inférieure à 2  $\mu\text{m}$ . La séparation de cette fraction a été effectuée par centrifugation (méthode RUMLEY & ADATTE 1983).

##### 4.1 Les smectites

Sur la base des observations de POCHON (1974) la présence ou non de smectites dans les argiles des remplissages est un indicateur sensible de la présence de sols à la

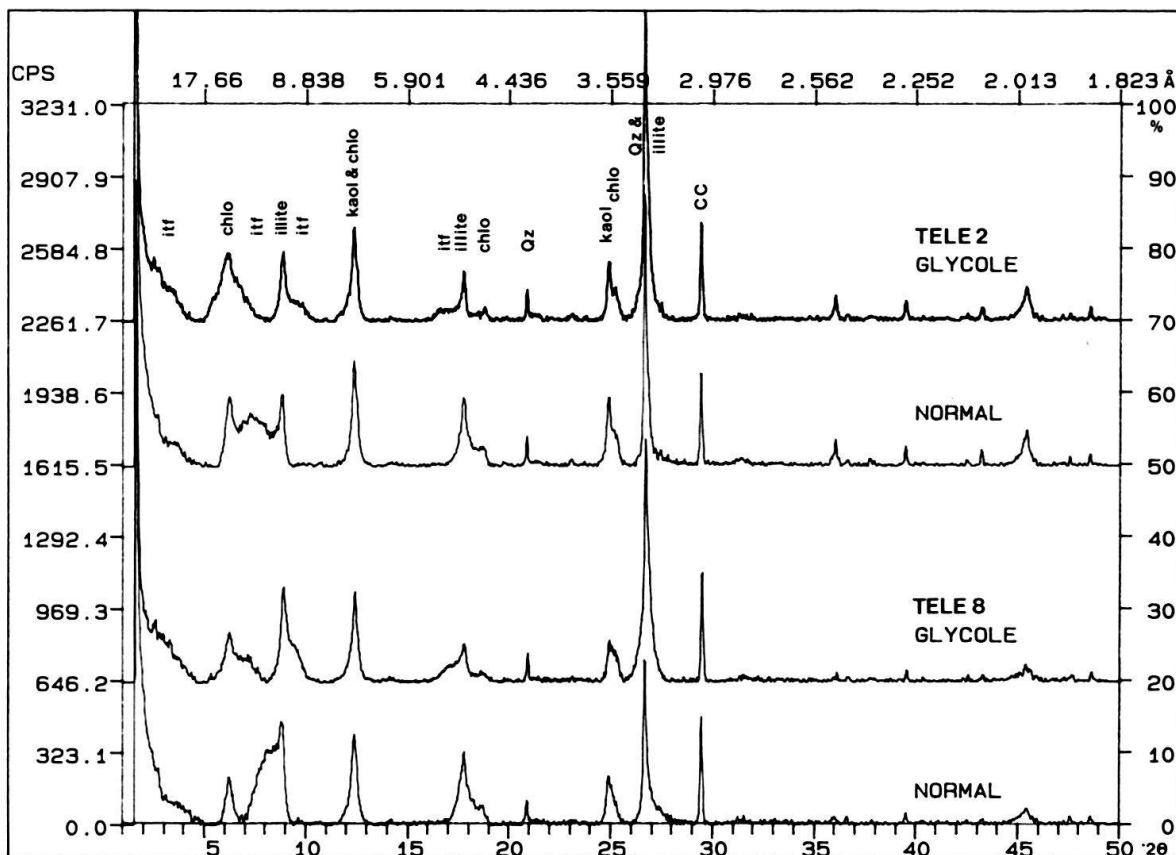


Fig. 5. Diagrammes de diffraction X de quelques remplissages karstiques de la Grotte du Téléphone. L'échantillon TELE 2 présente une légère pédogénèse qui se marque sur les argiles (augmentation du taux de smectites dans les interstratifiés). L'échantillon TELE 8 a une composition argileuse représentative de l'ensemble des remplissages analysés. TELE 8 = Téléphone couche 8; TELE 2 = Téléphone couche 2.

surface du karst. La présence de ce minéral indique le rôle probable de processus pédogénétiques dans l'histoire des matériaux formant le sédiment. L'absence totale de smectites montre que le rôle des sols est peu développé.

Aucun des échantillons ne contient de vraies smectites. Cependant tous les échantillons contiennent des interstratifiés smectite-illite (fig. 5) présentant environ 20 à 25% de smectites (gonflement caractéristique à l'éthylène-glycol). L'échantillon «Téléphone couche 2» fait exception; il contient un interstratifié irrégulier avec environ 50% de smectite et autant d'illite.

BLANT (1989) dans son travail de diplôme sur la Schratzenfluh a analysé le résidu insoluble des calcaires et des grès calcaires de la Hohgant-Serie pour une étude sur la cristallinité de l'illite. Il a trouvé des interstratifiés ressemblant aux nôtres et jamais de vraies smectites. La présence d'interstratifiés dans les remplissages karstiques étudiés peut donc être expliquée par détritisme à partir de l'encaissant, sans faire intervenir de processus pédogénétiques.

#### 4.2 Les illites

L'illite s'altère très rapidement dans les sols (POCHON 1974), sa présence témoigne donc de processus pédogénétiques peu développés, son absence peut résulter d'une altération des argiles dans les sols. La cristallinité des illites renseigne sur le degré d'altération des illites et éventuellement sur leur provenance car il est en principe possible

ECHANTILLON	LARGEUR DE SCHERER		
	normal	glycolé	( $^{\circ}2Q$ CuK $_{\alpha}$ )
TELEPHONE couche 20	-	-	peu d'argiles
TELEPHONE couche 19	-	.456	peu d'argiles
TELEPHONE couche 12	.632	.506	-
TELEPHONE couche 8	1.315	.305	-
TELEPHONE couche 2	.430	.303	-
LAUSANNOIS 3	.582	.266	-
LAUSANNOIS 2	.607	.367	-
LAUSANNOIS 1	.304	.266	-
GLACIERE 10	-	-	peu d'argiles
GLACIERE 9	1.088	.468	-
GLACIERE 8	.923	.354	-
GLACIERE 7	1.075	.607	-
GLACIERE 6	.974	.468	-
GLACIERE 5	.873	.458	-
GLACIERE 4	.936	.455	-
GLACIERE 3	1.012	.380	-

Tableau 2: Cristallinité des illites de la fraction argileuse des remplissages karstiques analysés. Les valeurs ne sont pas significativement différentes de celles de l'encaissant.



de distinguer les illites provenant de l'encaissant de celles issues des roches plus métamorphiques.

La cristallinité de l'illite des remplissages étudiés (Tableau 2) est comprise entre 0,26 et 0,61 ( $^{\circ}2\Theta$  CuK $_{\alpha}$ ) pour les échantillons glycolés et entre 0,3 et 1,31 ( $^{\circ}2\Theta$  CuK $_{\alpha}$ ) pour les échantillons non glycolés, ce qui est semblable aux cristallinités obtenues par BLANT (1989) dans l'encaissant. Ceci signifie clairement que les illites des remplissages étudiés n'ont pas été significativement altérées par des processus pédogénétiques ou lors de leur transport. Le rôle des sols, s'il existe, est donc très réduit.

#### 4.3 Discussion

Tous les échantillons analysés ont approximativement la même composition argileuse (interstratifiés, illite, kaolinite, chlorite, quartz, parfois calcite), ce qui montre que les conditions d'altération des matériaux ont été assez homogènes pour tous les matériaux. La couche 2 de la grotte du Téléphone fait exception: elle contient, par rapport au quartz, la proportion d'illite la plus faible du profil et la proportion de smectite dans les interstratifiés la plus élevée. Elle est située près de l'entrée de la grotte, et présente des indices d'une faible pédogénèse actuelle (terre végétale brune et poreuse, activité biologique, ...). Il semble donc que la faible pédogénèse observée dans la couche 2 de la grotte du Téléphone se marque déjà sur son contenu argileux, ce qui incite à penser que les argiles des remplissages étudiés n'ont subi qu'une pédogénèse très réduite ou même nulle.

Remarquons enfin la présence marquée de kaolinite dans tous les sédiments analysés; elle est pourtant presque absente du résidu insoluble de l'encaissant. Ce minéral est habituellement un indicateur d'altération sous un climat chaud et humide! Est-elle ici d'origine détritique allochtone (éolienne?) ou résulte-t-elle d'un climat passé chaud et humide?

#### 4.4 Conclusion

Le contenu argileux des remplissages étudiés est assez homogène. Aucun indice net de paléosols n'a pu être mis en évidence. Ceci porte à croire que les matériaux abandonnés par le(s) glacier(s) qui a (ont) recouvert(s) les Sieben Hengste sont descendus dans le karst avant qu'un sol important n'ait eu le temps de se former. Un hypothétique stockage de moraines en surface, qui auraient libéré leurs matériaux allochtones pendant plusieurs dizaines voir centaines de milliers d'années, paraît peu vraisemblable. La présence de kaolinite dans tous les sédiments analysés paraît au contraire résulter d'altération sous un climat humide et chaud! Seules de plus amples études sur la répartition des minéraux argileux dans les remplissages karstiques des Sieben Hengste permettront peut-être de lever cette ambiguïté...

### 5. Conclusions générales

La présence de matériaux allochtones (granites et gneiss) dans les remplissages détritiques des quatre profils étudiés dans le système karstique des Sieben Hengste a permis de mettre en évidence la présence passée de glaciers qui ont recouvert le massif



jusqu'à plus de 1750 m d'altitude. Cette découverte a une importance particulière pour les connaissances de l'histoire climatique quaternaire, car jusqu'ici, seules des dépôts associés aux cinq dernières avancées glaciaires ont été découverts. Leur altitude n'était jamais supérieure à 1450 m dans la région de la Chaîne Bordière helvétique. Les remplissages karstiques étudiés ici sont donc associés à des avancées glaciaires plus anciennes. Ils peuvent apporter de précieuses informations sur la première partie du Quaternaire.

Les remplissages étudiés ne sont pas de bons enregistreurs «en continu» de l'évolution des conditions climatiques et hydrologiques quaternaires (ou Pliocène?), car ils se sont en général déposés sur des périodes assez restreintes. Mais, associés aux observations de la morphologie des galeries, à l'étude des remplissages chimiques et par corrélations entre plusieurs profils, ils peuvent fournir des indications chronologiques, hydrologiques et paléoclimatiques intéressantes.

L'étude des argiles des remplissages karstiques a montré que les matériaux constituant les sédiments n'ont pas dû subir d'altération par pédogenèse, par conséquent que les matériaux abandonnés par les glaciers ont dû descendre rapidement dans le karst après la fonte. Ceci permet de penser que les remplissages étudiés sont tous antérieurs aux cinq dernières avancées glaciaires, c'est-à-dire plus anciens que 400 000 ans.

## Remerciements

Je remercie ici toutes les personnes de la Société suisse de spéléologie, du Centre d'Hydrogéologie et de l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel qui m'ont aidé à mener ce travail.

M. Buck, V. Jeannin et U. Widmer m'ont aidé à creuser des tranchées dans les sédiments de la grotte du Téléphone. Ph. Morel m'a accompagné à plusieurs reprises, ses conseils m'ont été utiles pour les relevés sur le terrain et la mise en place des idées. Il n'a d'ailleurs pas hésité à prendre la pioche à plusieurs reprises. Messieurs Th. Adatte, Th. Bitterli, M. Burkhard, M. Burri, B. Kübler, J.-P. Schaer et J. Sesiano m'ont apporté des conseils utiles à la rédaction de l'article, alors que R. Jantschik, M. Rolli, G. Rumley, C. Schlüchter, A. Schwalb et H.-A. Stalder m'ont apporté leur soutien pour les différentes analyses de sédiments.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un travail de diplôme de troisième cycle en Hydrogéologie au Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel. La rédaction du présent article a pu être réalisée grâce à l'appui du fonds national de la Recherche Scientifique (requête No. 21-25 508.88) qu'il en soit ici remercié.

## BIBLIOGRAPHIE

- BITTERLI, TH., BORREGUERO, M. (trad.) 1989: Das Karstsystem Sieben Hengste-Hohgant-Schrattenfluh, Versuch einer Synthese/Le réseau karstique Sieben Hengste-Hohgant-Schrattenfluh, essai de synthèse. *Stalactite, organe de la Société suisse de spéléologie* 38, 10-22.
- BLANT, D. 1989: Etude géologique et structurale du massif de la Schrattenfluh, Chaîne bordière helvétique, canton de Lucerne. *Mém. diplôme Univ. de Neuchâtel*, non publié.
- HANTKE, R. 1978: Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Band 1: Eiszeitalter. Ott Verlag, Thun, Schweiz.
- HJULSTRÖM, F. 1939: Transportation of detritus by moving water. In: *Recent Marine sediments* (ed. by TRASK, P.D.). *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 5-31.
- HOF, A., JEANNIN, P.-Y. & ROUILLER, P. 1984: Sieben Hengste-Hohgant Höhle, présentation générale. *Le Trou*, *Bull. du Groupe spéléo Lausanne*, 34.
- JEANNIN, P.-Y. 1989a: Etude géologique de la région Burst-Sieben Hengste (Chaîne bordière helvétique, canton de Berne): Apports de l'étude des cavernes à la connaissance structurale et à la mise en évidence de phases tectoniques quaternaires. *Dipl. Inst. Géol. Univ. Neuchâtel*, non publié.

- 1989b: Remplissages karstiques du Réseau des Sieben Hengste. Dipl. 3<sup>e</sup> Cycle en hydrogéologie, Tome 2, Centre d'hydrogéologie de l'Univ. Neuchâtel, non publié.
  - 1990: Néotectonique dans le karst du nord du Lac de Thoune (Suisse). *Eclogae geol. Helv.* 83, 323–342.
- POCHON, M. 1974: Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse. Phénomènes d'altération des roches calcaires sous climat tempéré humide. Thèse Sciences, Neuchâtel.
- QUINIF, Y. 1990: La datation des spéléothèmes (U/Th) appliquée aux séquences sédimentaires souterraines pour une mise en évidence des ruptures climatiques. Actes du colloque «Remplissages karstiques et paléoclimats», Fribourg (Suisse) octobre 1989. *Karstologia Mémoire No. 2*, 1990, Paris.
- RUMLEY, G. & ADATTE, T. 1983: Méthode rapide de séparation des fractions 2 et 16 microns pour analyse par diffraction X. *Cahiers de l'Inst. de Géol. de l'Univ. de Neuchâtel, Série A.G. 5*.
- SCHLÜCHTER, CH. 1988: Exkursion vom 11. Oktober 1987 der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft im Rahmen der SNG-Jahrestagung in Luzern: Ein eiszeitgeologischer Überblick von Luzern zum Rhein – unter besonderer Berücksichtigung der Deckenschotter. *Eclogae geol. Helv.* 81, 249–258.

Manuscrit reçu le 17 septembre 1990

Révision acceptée le 6 décembre 1990

