

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles  
**Band:** 99 (1976)

**Artikel:** Les argiles, indicateurs chronologiques d'un encroustement calcaire  
**Autor:** Pochon, Michel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-89096>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# LES ARGILES, INDICATEURS CHRONOLOGIQUES D'UN ENCROûTEMENT CALCAIRE

par

**MICHEL POCHON**

AVEC 2 FIGURES ET 3 PLANCHES

---

## 1. INTRODUCTION

En 1971, les travaux de construction de la route touristique reliant Derrière-le-Mont au Nid-du-Fol, en Franche-Comté, ont mis à jour de larges diaclases subverticales au lieu-dit « Le Réservoir », au nord de la ferme des Charmottes (coord. 536.770 / 205.495), dans la combe anticlinale argovienne Roussottes - Nid-du-Fol.

Ces diaclases largement ouvertes — de 20 à 80 cm — dissèquent l'escarpement du Séquanien inférieur qui limite la combe au NW ; elles sont partiellement remplies de matériel morainique strictement calcaire, relatif aux glaciers de calotte de La Brévine de l'époque würmienne (AUBERT 1965).

Enfin, alors que la lèvre E (le toit) de ces diaclases a subi une corrosion intense, la lèvre W (le mur) disparaît sous un épais concrétionnement (> 15 cm) de calcite fibreuse, déposé en couches successives.

L'un d'eux a fait l'objet d'un échantillonnage détaillé. Nous présentons ici les résultats de l'analyse minéralogique de cet encroûtement ; ils sont comparés à ceux obtenus pour les sols, la moraine et le substratum calcaire environnants, afin d'établir la chronologie relative de cet encroûtement calcitique.

## 2. MÉTHODE DE TRAVAIL ET MATÉRIEL

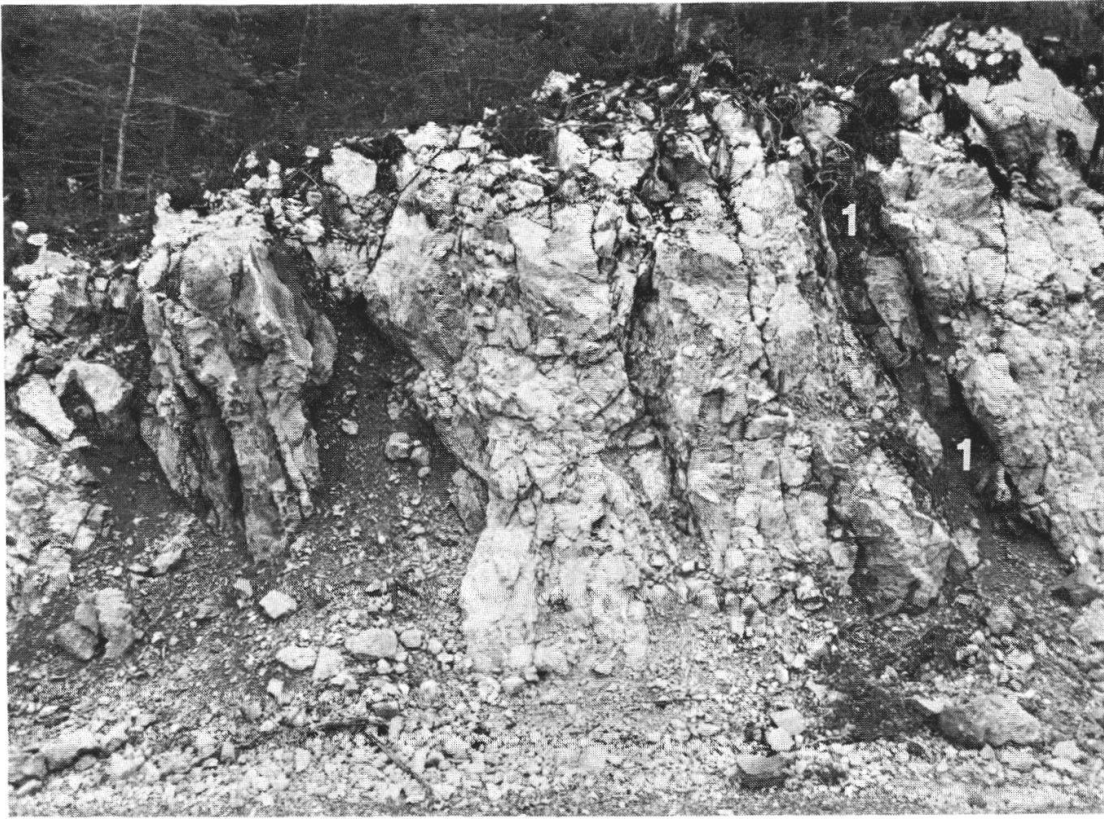
### 2.1 *Eléments et méthodes d'investigation*

L'étude de la chronologie relative du concrétionnement calcaire, au mur de la diaclase (lèvre W), s'appuie sur la démarche suivante :

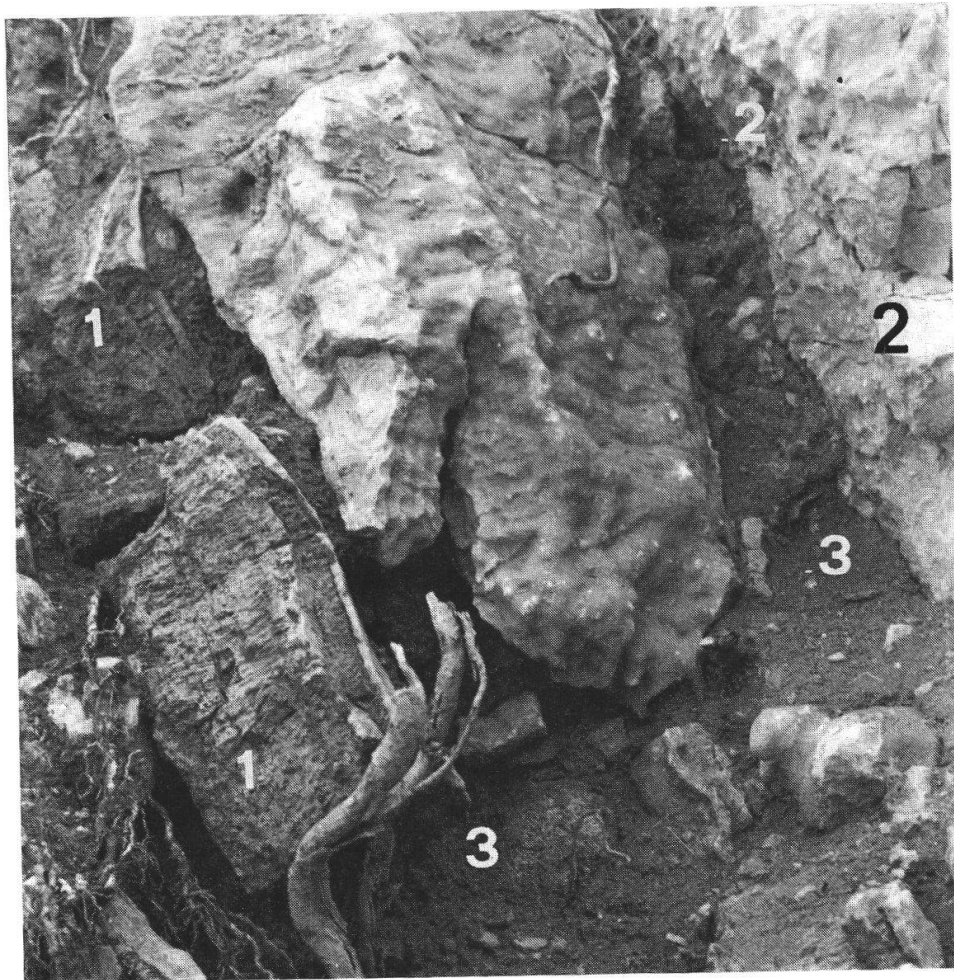
TABLEAU I

*Description et provenance des échantillons. Crevasse des Charmottes,  
Franche-Comté. Coord. : 506.770 / 205.495. N. D. = non déterminé.*

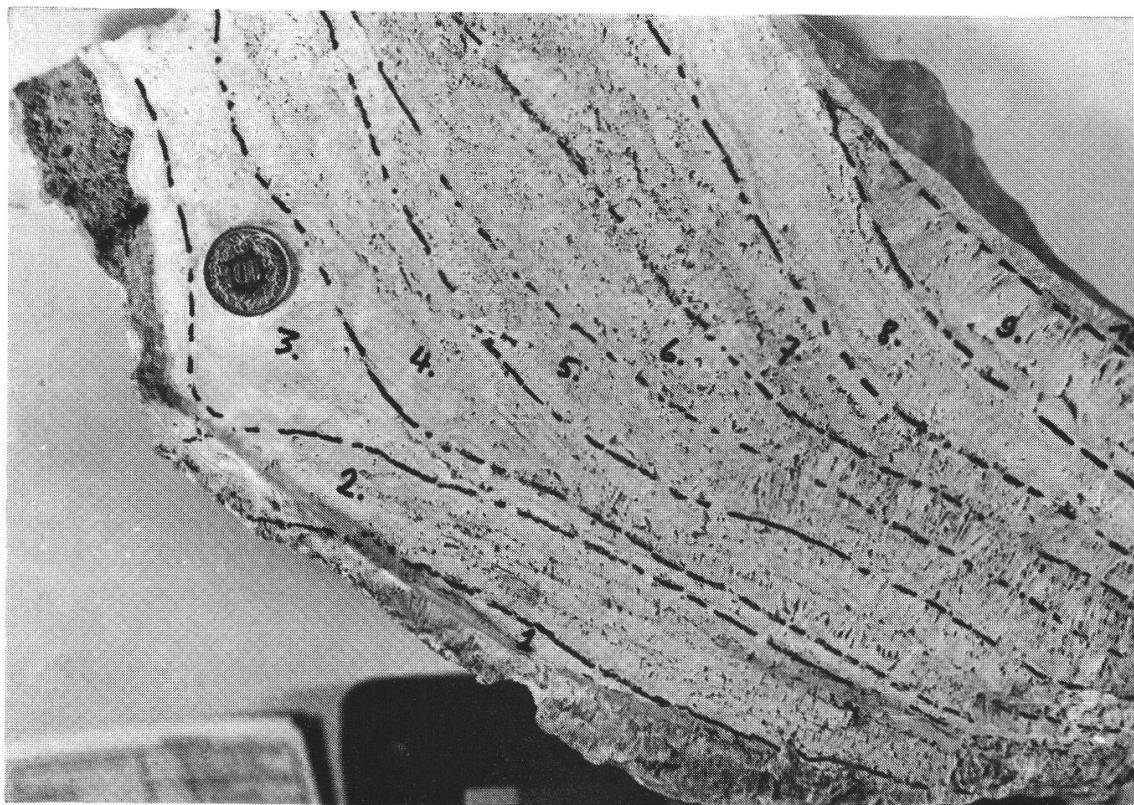
Ech. N°	Désignation	Provenance	Profond. cm	Horizon pédol.	Couleur	pH
85819	Sol brun calcique oligotrophe, superficiel	Dépression à l'W de la diacalse	0-10	A <sub>1</sub> -A <sub>3</sub>	10 YR 5/6	5.10
85817	Sol brun calcaire-brun calcique	Bord de la dépression W de la diacalse	0-20	A <sub>1</sub> -A <sub>3</sub>	10 YR 3/3	7.40
85818	Sol brun calcaire-brun calcique (moraine)	Bord de la dépression W de la diacalse	25-40	II C	10 YR 5/4	8.30
85814	Sol humique carbonaté superficiel à squelette calcaire abondant	Couverture de la diacalse	0-10	A <sub>1</sub>	10 YR 3/2	7.60
85813	Moraine calcaire de remplissage	Diacalse	50	C	7,5 YR 4/4	N.D.
85812	Moraine calcaire de remplissage	Diacalse	220	C	10 YR 6/6	N.D.
85811	Moraine calcaire de remplissage	Diacalse	350	C	10 YR 6/5	N.D.
85801 à 85810	Dépôt de calcite fibro radiée en couches successives des anciennes (85801 — déposée sur le Séquanien encaissant) aux récentes (85810). Epaisseur totale du dépôt : > 15 cm	Diacalse	220			N.D.
85816	Calcaire Séquanien encaissant	Diacalse	—	R		—



Vue générale de l'affleurement.  
1 : la diaclase étudiée.



Un détail de la diagenèse étudiée.  
1 : le dépôt de calcite au mur de la diagenèse.  
2 : le toit guilloché et corrodé.  
3 : la moraine de remplissage.



Le dépôt de calcite fibreuse et découpage analytique.

1 : couche la plus ancienne (éch. 85801).

10 : couche la plus récente (éch. 85810).

- a) En se référant au principe selon lequel les encroûtements de calcite précipitent à partir des solutions de percolations sursaturées en carbonates, on peut admettre avec MILLOT (1964) et TROMBE (1952) que les argiles constituant le résidu insoluble du concrétionnement sont directement héritées du milieu environnant, c'est-à-dire dans notre cas, soit des sols de surface, soit du R. I. des calcaires encaissants, soit des moraines régionales ou encore des apports éoliens allochtones.
- b) La concrétion calcitique étant très épaisse ( $> 15$  cm) et constituée par un ensemble de couches successives, une analyse détaillée des argiles piégées dans ces différentes couches fournit une image de la nature de l'environnement alumino-silicaté et de l'évolution de ce dernier au cours du dépôt de calcite.
- c) Etant donné le remplissage partiel des diaclases karstiques par une moraine locale calcaire, étant donné que ce remplissage est issu d'un phénomène glaciaire de calotte du Würm bien défini par AUBERT (1965), étant donné l'existence en surface d'un abondant matériau éolien allochtone d'âge tardi- et post-würmien bien défini également (POCHON 1973, 1974) : il est dès lors possible, par la comparaison des compositions minéralogiques des résidus insolubles (R. I.), de préciser le moment de dépôt, relativement à ces deux témoins connus.

## 2.2 *Le matériel étudié et sa provenance*

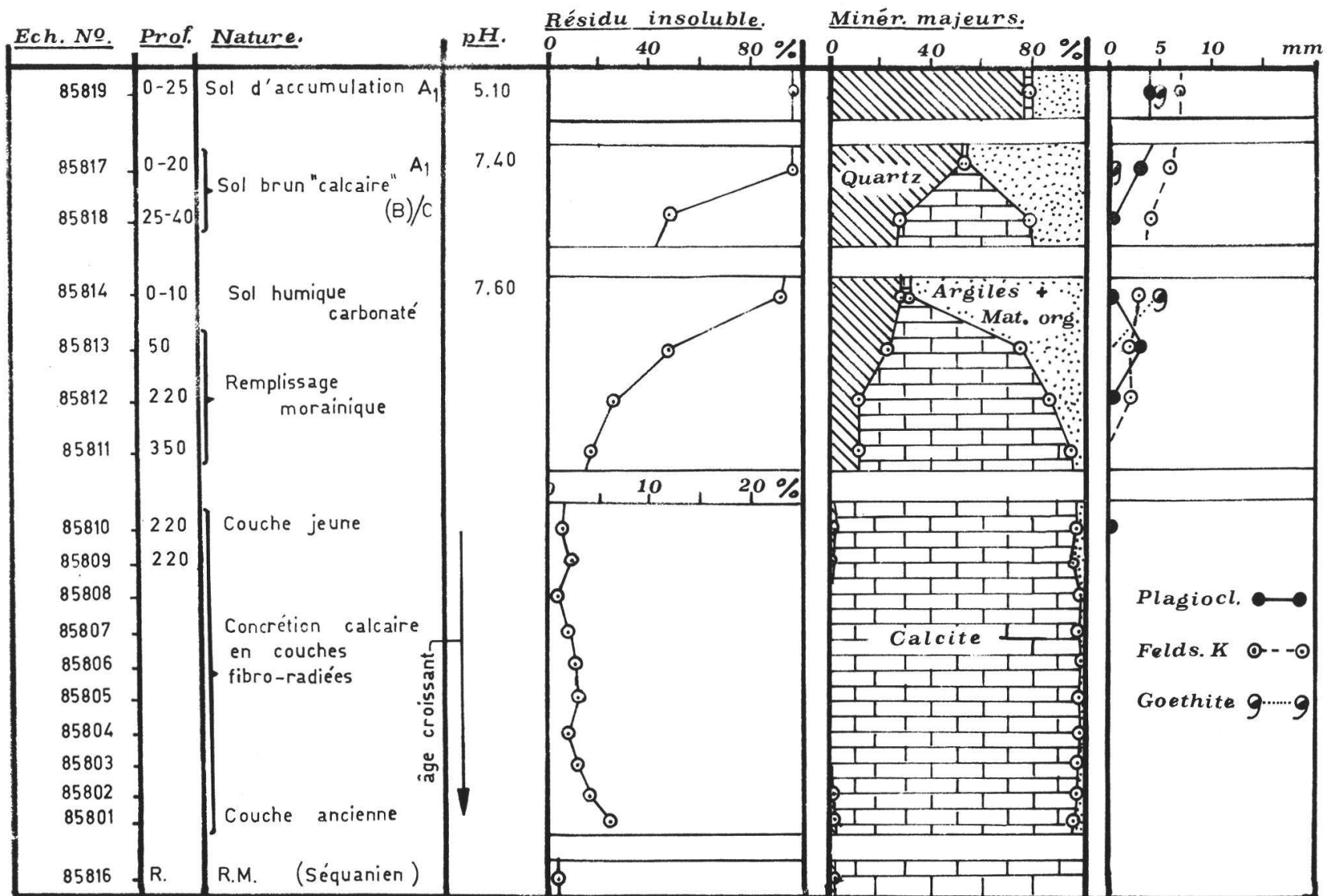
La diaclase étudiée (pl. V) subverticale orientée N 150 E, occupe le sommet d'une proéminence. Tout apport latéral tardif par ruissellement est par conséquent exclu.

Large de 15-20 cm en surface, cette diaclase s'élargit à 55 cm vers 2,50 m de profondeur et atteint 80 cm de largeur à 3,50 m, au niveau de la nouvelle route. Alors que la lèvre Est, en surplomb — le toit — est totalement guillochée par la dissolution, la lèvre Ouest — le mur — est recouverte d'un épais concrétionnement de calcite fibreuse en nombreuses couches successives et relativement parallèles (pl. VI).

Quoique la disposition naturelle de l'ensemble des éléments ait été passablement perturbée lors de la construction de la route, on constate néanmoins que le remplissage de la diaclase par une moraine locale calcaire n'était que partiel.

A côté des prélèvements de sols superficiels effectués dans l'environnement immédiat de la diaclase et de ceux de la moraine de remplissage, une séparation minutieuse en dix couches de l'encroûtement calcitique a été réalisée (pl. VII) et comparée aux calcaires encaissants. L'ensemble des échantillons est présenté au tableau I.

Fig. 1. Minéraux majeurs (exprimés en % absolu de la terre fine) et résidu insoluble (R. I.) à l'HC 1 1 N des échantillons étudiés. Plagioclases, Feldspaths K et Goëthite sont exprimés en hauteur de pic de diffraction.



### 2.3 Les méthodes analytiques

On trouvera chez PERSOZ (1969), MISEREZ (1973) et POCHON (1974) la description des méthodes utilisées en routine à l'Institut de géologie de Neuchâtel. Les radio-datations du  $C^{14}$  ont été effectuées par la Station fédérale de recherches agronomiques de Reckenholz.

## 3. LES RÉSULTATS (fig. 1 et 2)

### 3.1 Les minéraux majeurs

La figure 1 appelle les remarques suivantes :

- Dans les sols superficiels, la teneur en quartz est proportionnelle au facteur d'accumulation ; dans la moraine de remplissage, elle diminue vers la profondeur (résultat de l'entraînement à partir de la surface et d'un enrichissement relatif par la dissolution des carbonates) ; dans la concrétion calcitique, la teneur en quartz tend vers zéro.
- Partout supérieure à 93 % dans l'encroûtement calcitique, la teneur en  $CaCO_3$  diminue fortement vers la surface, dans les sols comme dans le remplissage morainique.
- Les feldspaths K et les plagioclases sont bien représentés dans les sols superficiels ; en revanche, ils sont non décelables dans le substrat calcaire et dans la concrétion calcitique.
- Le pourcentage du R. I. confirme en général les teneurs en calcaire. ( $\% \text{ R. I.} \cong 100 \% - \% \text{ CaCO}_3$ .)

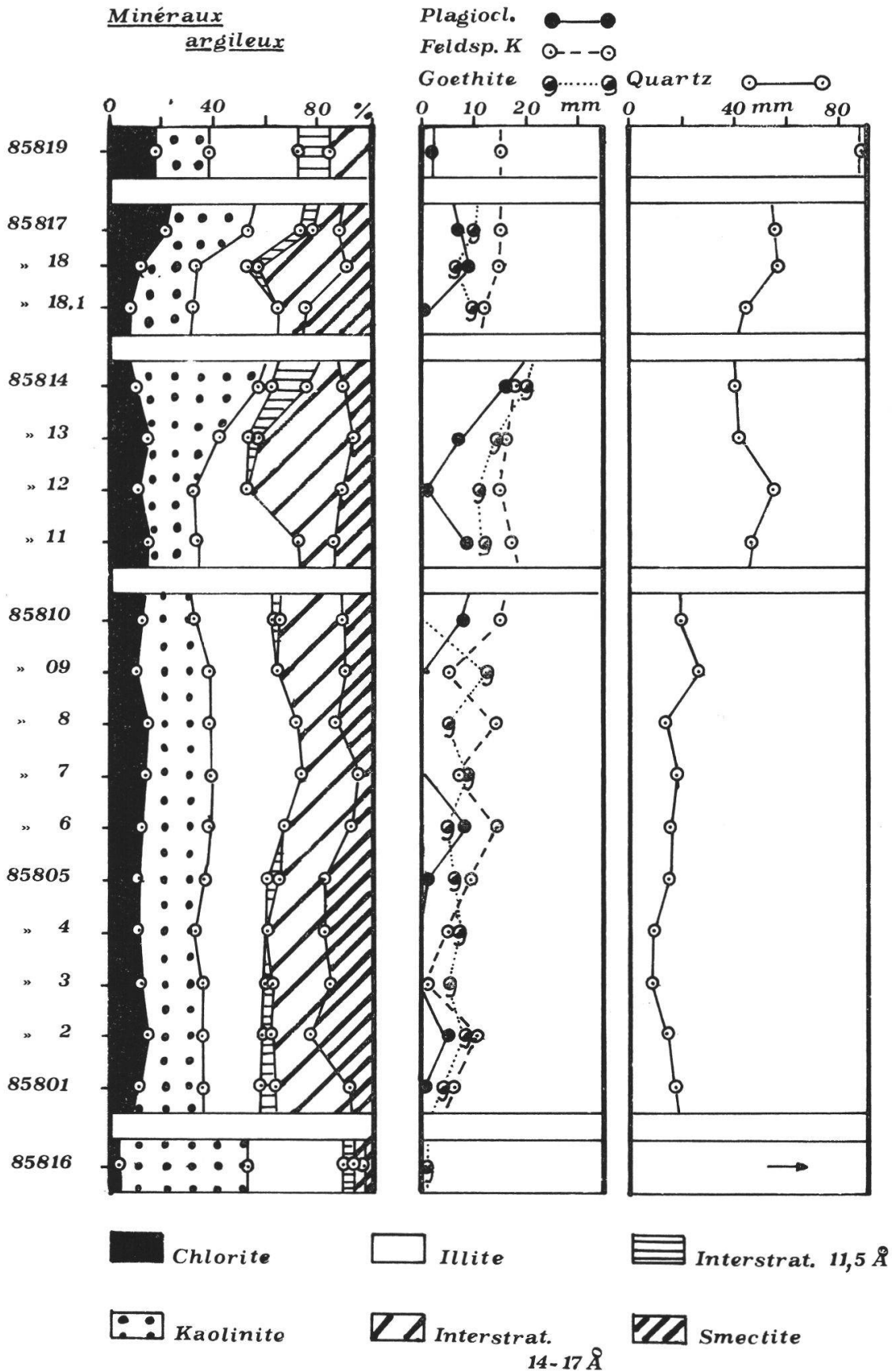
### 3.2 Les minéraux argileux

#### 3.2.1. Fraction $< 16 \mu$ (fig. 2)

- Dans les sols superficiels d'accumulation, les teneurs en chlorite ferrifère, particulièrement élevées, se font au détriment relatif de la kaolinite.  
Elles sont, par ailleurs, partout plus élevées (dans la moraine comme dans le revêtement calcitique) que dans les formations du substratum dont le R. I. est constitué essentiellement de kaolinite et d'illite.
- La présence dans les sols des minéraux accessoires (quartz, feldspaths K et plagioclases), à côté de l'abondante chlorite, est une caractéristique très constante de tout le domaine jurassien (POCHON 1973, 1974 a, 1974 b). Cette association minéralogique est d'origine allochtone résultant d'un apport éolien tardi- et post-würmien (POCHON 1974 a, 1974 b).

Fig. 2. Minéraux argileux de la fraction  $< 16 \mu$  exprimés en % relatifs des minéraux présents. Quartz, Plagioclase, Feldspath K et Gœthite sont exprimés en hauteur de pic de diffraction.

Fraction < 16 μ.



— On constate une grande analogie entre la moraine de remplissage et la concrétion de calcite. Enfin, cette composition demeure très constante dans les dix couches successives du dépôt calcitique.

### 3.2.2. Fraction $< 2 \mu$

— La variation des teneurs relativement à la fraction  $< 16 \mu$  est en tout point conforme à la distribution habituelle des argiles dans les formations pédologiques superficielles du Jura : diminution du quartz, de la chlorite, des minéraux accessoires au profit de la kaolinite et des minéraux gonflants.

— La parenté des compositions minéralogiques des R. I. des moraines et de la concrétion de calcite demeure ici encore très étroite.

### 3.3. Radio-datation du $C^{14}$

Tous les résultats indiquent un âge supérieur à 25.000 ans. Nous reviendrons, dans la discussion, à ces résultats à première vue contradictoires.

## 4. DISCUSSION

L'examen des plaques minces démontre que les phases de croissance de l'encroûtement ont été nombreuses, plus nombreuses que le découpage opéré.

Ces phases sont délimitées par des microniveaux parallèles à la surface du mur de la diaclase et enrichis en argiles.

Or, la composition du R. I. de l'ensemble de ces couches successives ne varie pas sensiblement. Quand on connaît la valeur du piège constitué dans le micro-espace de tous ces cristaux de croissance, on est conduit à admettre qu'au cours de la précipitation de cet épais dépôt, *l'environnement argileux n'a qualitativement pas changé.*

On observe dans toutes les couches du revêtement calcitique une grande analogie avec la composition du R. I. de la moraine.

Toute pollution ayant été évitée lors du prélèvement, la mise en place tardive des argiles dans la concrétion est de même exclue, car la couche la plus jeune (éch. 85810) est très bien cristallisée et par conséquent peu poreuse.

Il semble donc bien que le dépôt de calcite soit postérieur à la mise en place de la moraine ; il aurait donc moins de 10.000 ans si l'on se réfère à l'âge moyen généralement admis pour la glaciation würmienne. Or, les radio-datations du  $C^{14}$  indiquent un âge supérieur à 25.000 ans, âge qui ne s'intègre donc pas dans le contexte.

Cette divergence conduit à deux hypothèses :

1. Le phénomène würmien serait plus ancien que ne l'admet l'opinion générale.

2. En admettant que la dissolution du toit de la diacalse soit simultanée au revêtement calcitique du mur, on peut penser que l'atome de carbone des groupes  $\text{CO}_3^{-2}$  est fossile (c'est-à-dire issu de la molécule  $\text{CaCO}_3$  des calcaires encaissants du Séquanien ou de la moraine calcaire de remplissage); il ne proviendrait pas de la molécule  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère ou de la matière organique contemporaine du dépôt calcitique.

La deuxième hypothèse paraît la plus plausible.

Enfin la précipitation de  $\text{CaCO}_3$  semble s'être faite à partir de solutions sursaturées circulant lentement. En effet, le R. I. du revêtement calcitique présente un enrichissement certain en particules fines ( $< 2 \mu$ ) plus précisément en minéraux gonflants et kaolinite, au détriment des limons fins ( $< 16 \mu$ ), lesquels sont constitués par la chlorite, les plagioclases et le quartz; ainsi la compétence du flux liquide devait être restreinte.

## 5. CONCLUSIONS

Toutes les données minéralogiques paraissent indiquer que le concrétionnement calcaire est postérieur à la mise en place de la moraine würmienne. La présence d'une croûte plus ou moins épaisse de calcite formant un placage, entre roche calcaire encaissante et remplissage morainique meuble, est, par ailleurs, fréquente (CAMPY 1973).

L'existence à moins d'un mètre de distance d'un toit corrodé et d'un mur fortement encroûté, laisse penser que les eaux de percolation, dont l'agressivité s'est accrue au passage à travers les sols (SCHOLLER 1962, AUBERT 1969, MISEREZ 1973, POCHON 1974 a), corrodent les calcaires sous-jacents en suintant du toit de la diacalse, percolent ensuite lentement dans le matériel morainique, où elles se chargent rapidement de  $\text{CaCO}_3$  grâce à une surface de contact eau-calcaire infiniment plus grande en raison de l'état de division du matériau meuble.

Après cette percolation, les solutions deviennent sursaturées, cristallisent au mur de la diacalse au sortir de la masse morainique.

Si l'âge relatif de l'encroûtement a pu être précisé (postérieur à la moraine würmienne), la constance qualitative de sa composition minéralogique n'apporte malheureusement aucune précision en ce qui concerne la durée de sa formation.

---

## Remerciements

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance au Fonds national suisse de la Recherche scientifique dont les crédits nous ont permis la réalisation de cette étude; nous remercions également M. le Dr E. Frei, directeur de la Section des sols de la Station fédérale de recherches agronomiques de Reckenholz, pour les radio-datations du  $\text{C}^{14}$ .

---

### Résumé

La composition du cortège minéralogique du résidu insoluble d'un épais concrétionnement de calcite, au mur d'une diaclase ouverte, est comparée à celle des résidus insolubles des calcaires encaissants des moraines calcaires de remplissage karstique et des sols superficiels.

Une chronologie de la formation du concrétionnement a été établie relativement à deux éléments bien datés — moraines würmiennes et apports éoliens tardi- et post-würmiens ; le concrétionnement est postérieur à la mise en place de ces derniers.

Les résultats de la radio-datation du  $C^{14}$  semblent indiquer que les atomes de carbone des anions  $CO_3^{-2}$  sont issus des molécules  $CaCO_3$  des calcaires environnants.

### Zusammenfassung

Die mineralogische Zusammensetzung des Lösungsrückstands einer dicken Kalzitschicht in einer offenen Spalte wurde mit den Lösungsrückständen des umgebenden Kalkgesteins, der Kalkmoränen in den Höhlungen des Karsts und der Oberflächenböden verglichen.

Das relative Alter der Kalzitablagerung ergibt sich dem Verhältnis zu zwei gut datierten Bildungen : der würmzeitlichen Moräne und den spät- bis nachwürmzeitlichen äolischen Ablagerungen ; die Kalzitschicht hat sich nach Ablagerung des letzteren gebildet.

Die  $C^{14}$ -Datierung deutet darauf hin, dass der Kohlenstoff des  $CO_3^{-2}$  aus dem  $CaCO_3$  des umgebenden Kalks stammt.

### Summary

The mineral assemblage composition of the insoluble residue in a thick calcite concretion in the wall of an open fissure, is compared to that of the insoluble residues of the encasing limestones, the calcareous moraines filling karstic depressions, and the sub-surface soils.

Based on two well dated elements — Wurmian moraines and late/post Wurmian aeolian deposits — a chronology has been established for the formation of the concretion which shows that it is posterior to these elements.

The results of radio-dating the  $C^{14}$  seem to indicate that the carbon atoms of the  $CO_3^{-2}$  anions are the products of the  $CaCO_3$  molecules of the surrounding limestones.

---

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, D. — (1965). Calotte glaciaire et morphologie jurassienne. *Eclogae geol. helv.* 58 (1) : 555-578.
- (1969). Phénomènes et formes du Karst jurassien. *Ibid.* 62 (2) : 325-399.
- CAMPY, M. — (1973). Le remplissage de grottes. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, 3<sup>e</sup> série, fasc. 21 : 27-30.
- MILLOT, G. — (1964). Géologie des argiles. 499 pp., 75 fig. Paris (Masson).
- MISEREZ, J.-J. — (1973). Géochimie des eaux du Karst jurassien (contribution physico-chimique à l'étude des altérations). *Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.* 310 pp.
- PERSOZ, F. — (1969). Fidélité de l'analyse quantitative des poudres de roche par diffraction X. *Bull. Centre Rech. Pau, SNPA* : 329-335.
- POCHON, M. — (1973). Apport allochtone dans les sols jurassiens (Jura vaudois et Jura neuchâtelois). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 96 : 135-147.
- (1974 a). Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse. Phénomènes d'altération des roches calcaires sous climat tempéré humide. *Thèse Fac. Sci. Univ. Neuchâtel.* 325 pp., 136 fig. (à paraître).
- (1974 b). Apport allochtone dans les sols jurassiens : exemple d'un remplissage karstique. *Actes du 5<sup>e</sup> Congrès de Spéléologie, Interlaken*, septembre 1974 (à paraître).
- SCHOELLER, H. — (1962). Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources. 642 pp., 187 fig., Paris (Masson).
- TROMBE, F. — (1952). *Traité de spéléologie.* 376 pp., 120 fig., Paris (Bibliothèque scientifique, Payot).
-