

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 96 (1973)

Artikel: Etude roentgénographique d'une moraine de fond (Valangin/NE)
Autor: Monbaron, Michel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89046>

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: 09.02.2026

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

INSTITUT DE GÉOLOGIE, UNIVERSITÉ DE NEUCHATEL

LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE, PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE

ÉTUDE ROENTGÉNOGRAPHIQUE D'UNE MORAINE DE FOND (VALANGIN/NE)

par

MICHEL MONBARON

AVEC 4 FIGURES

1. INTRODUCTION

Lors de l'étude géotechnique du contournement de Valangin, des sondages ont été effectués pour le compte des Ponts et Chaussées du canton de Neuchâtel. Ils ont livré en carottage continu, entre autres, de la moraine de fond (argile à blocs).

1.1. Matériel étudié

Cette note est un bref compte-rendu des principales observations faites lors de l'étude de détail d'un de ces sondages (Nº 207, coord. 558.733/207.762, alt. 719 m). Il a été examiné, au point de vue minéralogique et pétrographique, par des méthodes roentgénographiques.

Les données minéralogiques quantitatives sur les moraines de fond sont rares, surtout celles obtenues sur des matériaux morainiques intacts, non remaniés, comme c'est le cas ici. Le carottage en continu sur près de 19 m permet de suivre l'évolution des paramètres à partir de la surface. Mis à part un faible changement de couleur progressif (de beige à gris), entre 4 et 9 m, ce matériel présente macroscopiquement un aspect constant et assez monotone : matrice limono-argileuse très abondante, renfermant des granules et des galets, rarement des blocs.

1.2. Echantillonnage

On a présenté ci-dessous les résultats portant sur un échantillon par mètre, maille qui s'est avérée judicieuse pour dégager certaines tendances dans le profil ; l'examen d'un échantillon tous les 20 cm n'a fait que confirmer les résultats.

Sur les logs (fig. 2 et 3), chaque échantillon est représentatif de la tranche de 1 m au-dessous de lui.

2. GRANULOMÉTRIE

Les douze échantillons inférieurs (de 8 à 18,8 m) ont été examinés au point de vue de leur granulométrie.

La répartition du matériel par classes granulométriques est assez semblable dans chaque échantillon, comme le montrent les moyennes du tableau I ci-dessous. On caractérise ainsi un échantillon-type, représentatif de la moraine de fond à cet endroit (fig. 1).

TABLEAU I

*Granulométrie de l'échantillon-type, représentant la moyenne,
par classe, des douze échantillons inférieurs*

Classe	Dimensions mm	%-poids	Est. éc. type	Coeff. de variat.	%-poids cumulés
1	< 0,002	10,10	± 1,92	± 0,19	10,10
2	0,002-0,006	10,34	± 1,51	± 0,14	20,44
3	0,006-0,02	12,24	± 2,17	± 0,18	32,68
4	0,02 -0,06	18,97	± 1,81	± 0,09	51,65
5	0,06 -0,2	15,76	± 2,10	± 0,13	67,41
6	0,2 -0,6	11,12	± 1,24	± 0,29	78,53
7	0,6 -2	7,30	± 2,14	± 0,29	85,83
8	2 -6	8,00	± 2,77	± 0,34	93,83
9	6 -20	6,15	± 3,57	± 0,58	99,98

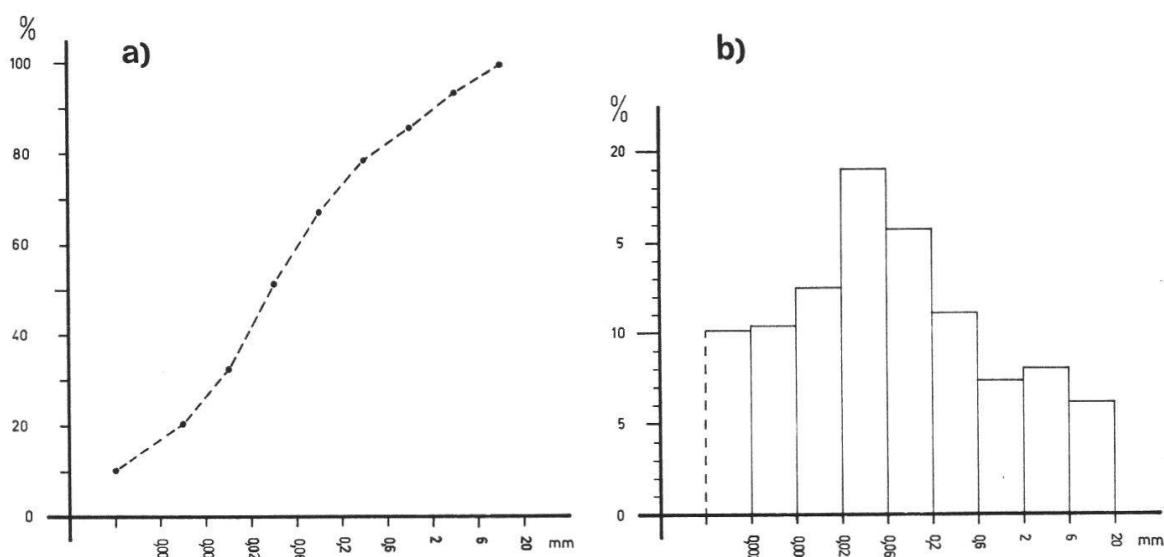


Fig. 1.

- a) Courbe granulométrique cumulative d'un échantillon-type de moraine de fond à Valangin.
- b) Répartition du matériel par classes granulométriques, dans un échantillon-type de moraine de fond à Valangin.

On constate que :

- la moraine de fond de Valangin est un sédiment très mal classé ; aucune des classes ne dépasse en moyenne 20%-poids du matériel total ;
- le diamètre moyen des particules (à 50%-poids) est de 0,1 mm environ ;
- les fractions limoneuses et argileuses sont très importantes : plus de 50% du matériel a un diamètre inférieur à 60μ , plus de 10% un diamètre inférieur à 2μ ;
- il n'y a que peu ou pas de galets grossiers (> 20 mm).

Le matériel grossier est distribué de manière beaucoup plus aléatoire que le matériel moyen ou fin (cf. les valeurs du coefficient de variation). Ceci est dû sans doute à la grandeur des prises analysées, limitée par la dimension des carottes.

3. MINÉRAUX MAJEURS

L'analyse des minéraux « majeurs » (quartz, calcite, dolomite, feldspaths) a été effectuée uniquement sur la matrice (ou ciment) de la moraine. Les échantillons ont été traités au moyen des méthodes de routine en usage à l'IGU¹ (PERSOZ 1969). Seuls les feldspaths, non dosables sur les diagrammes de poudres, ont été estimés d'après les données des plaques orientées.

La figure 2 montre la répartition et surtout l'évolution de la distribution de chaque minéral dans le profil.

3.1. Distribution des minéraux majeurs

Le quartz

On remarque nettement une diminution de la teneur en quartz à partir de la surface ; elle se stabilise vers 10 à 11 m.

La calcite

Elle augmente de la surface jusqu'à 6 m, présente un « ventre » entre 6 et 9 m, puis régresse légèrement plus bas.

La dolomite

Ce minéral n'apparaît que vers 6,4 m ; il s'affirme lentement vers le bas. Pour ce qui concerne ses caractéristiques, voir plus loin (3.3).

Les feldspaths

On ne peut doser les feldspaths sur les poudres par une méthode simple (PETERS 1965, 1970). Il s'est avéré cependant intéressant de comparer entre eux les échantillons, au moyen des hauteurs de raies

¹ IGU = Institut de géologie de l'Université de Neuchâtel, laboratoire de minéralogie, pétrographie et géochimie.

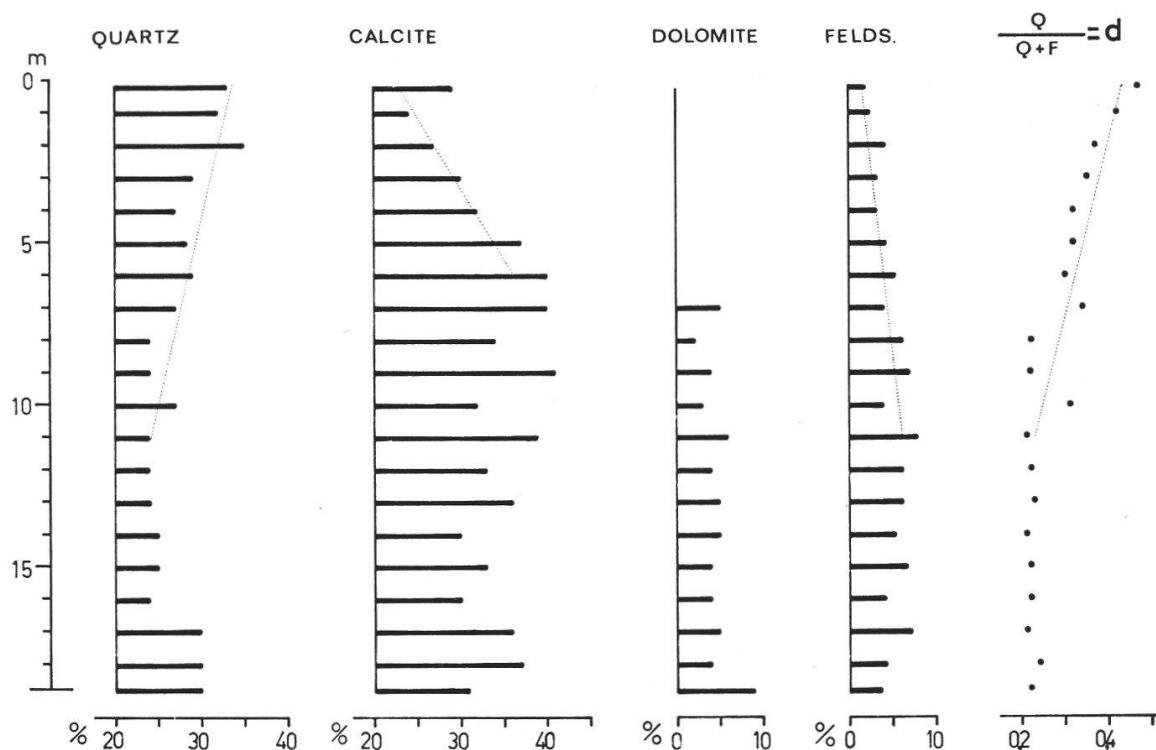


Fig. 2. Distribution des minéraux majeurs dans le profil et évolution du coefficient de détritisme. En pointillé, les tendances principales.

de diffraction des feldspaths sur plaques orientées 16μ (H feldspaths potassiques à $3,25 \text{ \AA}$ + H plagioclases à $3,18 \text{ \AA}$). On constate que cette hauteur cumulée augmente en descendant dans le profil, indiquant manifestement une teneur en feldspaths de plus en plus importante. Cette teneur est estimée par approximation ; elle ne devrait que rarement dépasser 7% à 8%.

Il est très difficile de déterminer avec certitude la nature exacte de ces minéraux (probablement microcline et albite ?).

3.2. Coefficient de détritisme

Le quartz et les feldspaths, qui covariant inversement dans la même tranche de sédiment, montrent une relation intéressante. Ce « coefficient de détritisme d » a été défini par FRAUTSCHI (1971). L'auteur admet, dans la molasse, que quartz et feldspaths constituent les éléments détritiques majeurs de ce sédiment. Le rapport :

$$d = \frac{Q}{Q + F}$$

où Q = hauteur du pic de quartz à $4,26 \text{ \AA}$ (plaque orientée 16μ)
et F = hauteur cumulée des pics de feldspaths (felds. pot. à $3,25 \text{ \AA}$ et
plagio. à $3,18 \text{ \AA}$, plaque orientée 16μ)

doit rendre compte de l'état de « fraîcheur » du sédiment ; en effet, les feldspaths sont extrêmement altérables, soit par transport, soit par hydrolyse ; le quartz l'est beaucoup moins. Une diminution de la valeur du rapport doit donc indiquer une augmentation de la fraîcheur du sédiment, autrement dit une altération moindre. Le rapport d peut théoriquement varier de 0 (que des feldspaths) à 1 (aucun feldspath).

En appliquant ce principe à la moraine de Valangin, on constate une remarquable constance de d au-dessous de 11 m, qui atteste d'une grande fraîcheur du sédiment à ce niveau inférieur. Cet état de fraîcheur se dégrade progressivement plus on s'approche de la surface.

3.3. *Problème de la dolomite*

Ce minéral au comportement singulier (apparition progressive entre 6 et 7 m) présente aux RX certaines particularités : par rapport à une dolomite idéale ($\text{Ca Mg } (\text{CO}_3)_2$), le pic principal (211) et les pics secondaires sont légèrement déplacés vers les petits angles (par exemple 211 à $30,85^\circ 2\theta$ au lieu de $30,96^\circ 2\theta$).

Ces caractères indiquent une dolomite s'écartant de la composition idéale, le cation substitué ou en excès pouvant être du Ca, du Fe ou du Mn (PERSOZ 1973). Il n'est pas possible de décider de la nature du cation étranger sur la base des diagrammes de diffraction X. La structure étant perturbée, il est possible que cette dolomite soit plus facilement altérable que la dolomite normale.

4. LES ARGILES

Les argiles sont déterminées et dosées sur les diagrammes RX de plaques orientées 1μ (non traitées, puis traitées à l'éthylène-glycol), selon les méthodes de l'IGU (KUBLER 1967). Le matériel a été préalablement décarbonaté.

4.1. *Stock argileux*

La différence à 100 % de la somme des minéraux majeurs représente la fraction argileuse. On voit (fig. 3) que le stock argileux augmente vers la surface, à partir de 8 à 9 m de profondeur.

4.2. *Dosages relatifs et dosages absolus*

D'habitude, les dosages d'argiles sont des dosages relatifs ; en ce cas :

% smectites + % illite + % chlorite + % kaolinite + % interstratifiés = 100% phyllites.

En connaissant la valeur en pour-cent du stock argileux (4.1), il est possible de convertir ces dosages relatifs en dosages absolus des différentes espèces de phyllites. Les dosages relatifs sont avantageux

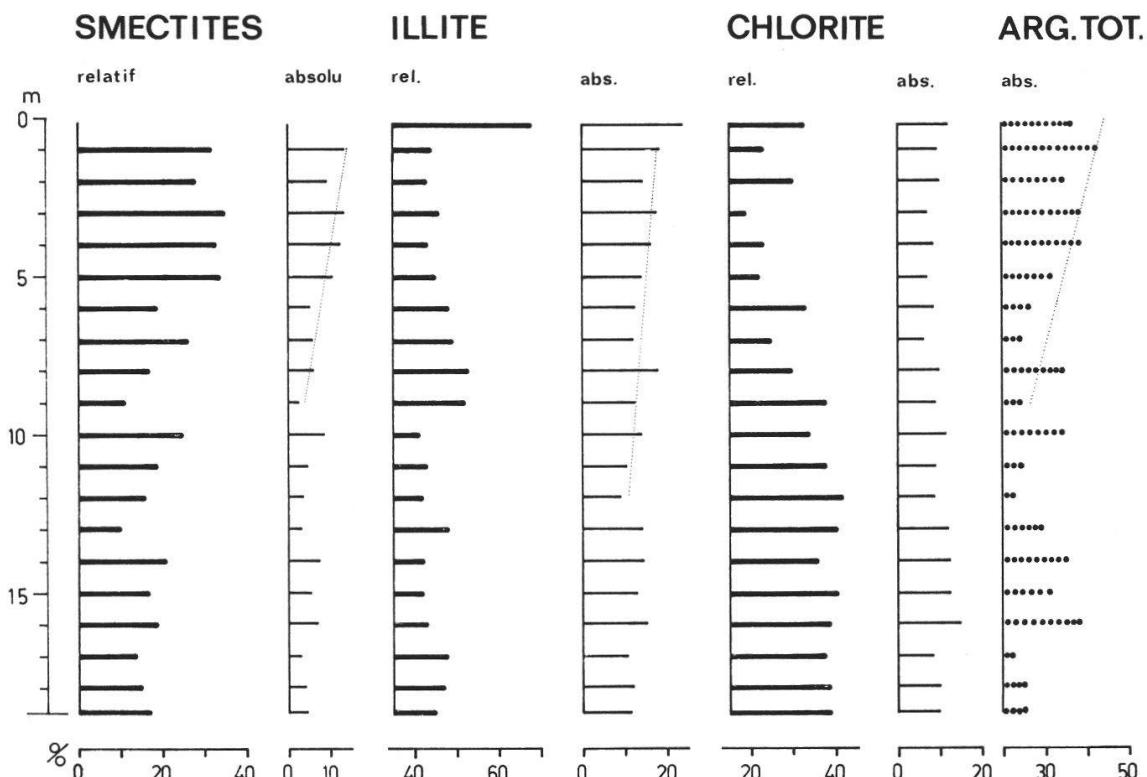


Fig. 3. Distribution des minéraux argileux dans le profil. En pointillé, les tendances principales.

pour connaître les rapports des minéraux argileux entre eux ; les dosages absolus devraient mieux renseigner sur l'évolution de la distribution réelle des argiles dans le profil.

Cette mesure, pas très rigoureuse, s'est trouvée dans notre cas suffisamment précise. Elle a permis de suivre l'évolution du cortège argileux dans le profil. La discussion des résultats porte uniquement sur les pourcentages absolus.

4.3. Evolution des minéraux argileux (fig. 3)

Seules trois espèces de minéraux argileux ont été mises en évidence : l'illite, la chlorite, les smectites (fig. 4). La kaolinite n'a jamais été décelée. Cet assemblage est signalé par PETERS (1969) comme caractéristique des formations glaciaires de la bordure du Jura.

Comme pour les majeurs, les argiles évoluent dans la partie supérieure du profil. Lors de l'interprétation, on n'a pas tenu compte de l'échantillon situé à 20 cm de profondeur, manifestement trop influencé par le sol immédiatement sus-jacent.

Les smectites

Sous ce terme sont compris les minéraux argileux gonflants à l'éthylène-glycol, dont les réflexes 001, situés entre 10 Å et 14 Å, passent aux environs de 17 Å après traitement (ROBERT et BARSHAD 1972). Ce groupe montre une nette tendance à augmenter vers la surface : il fait

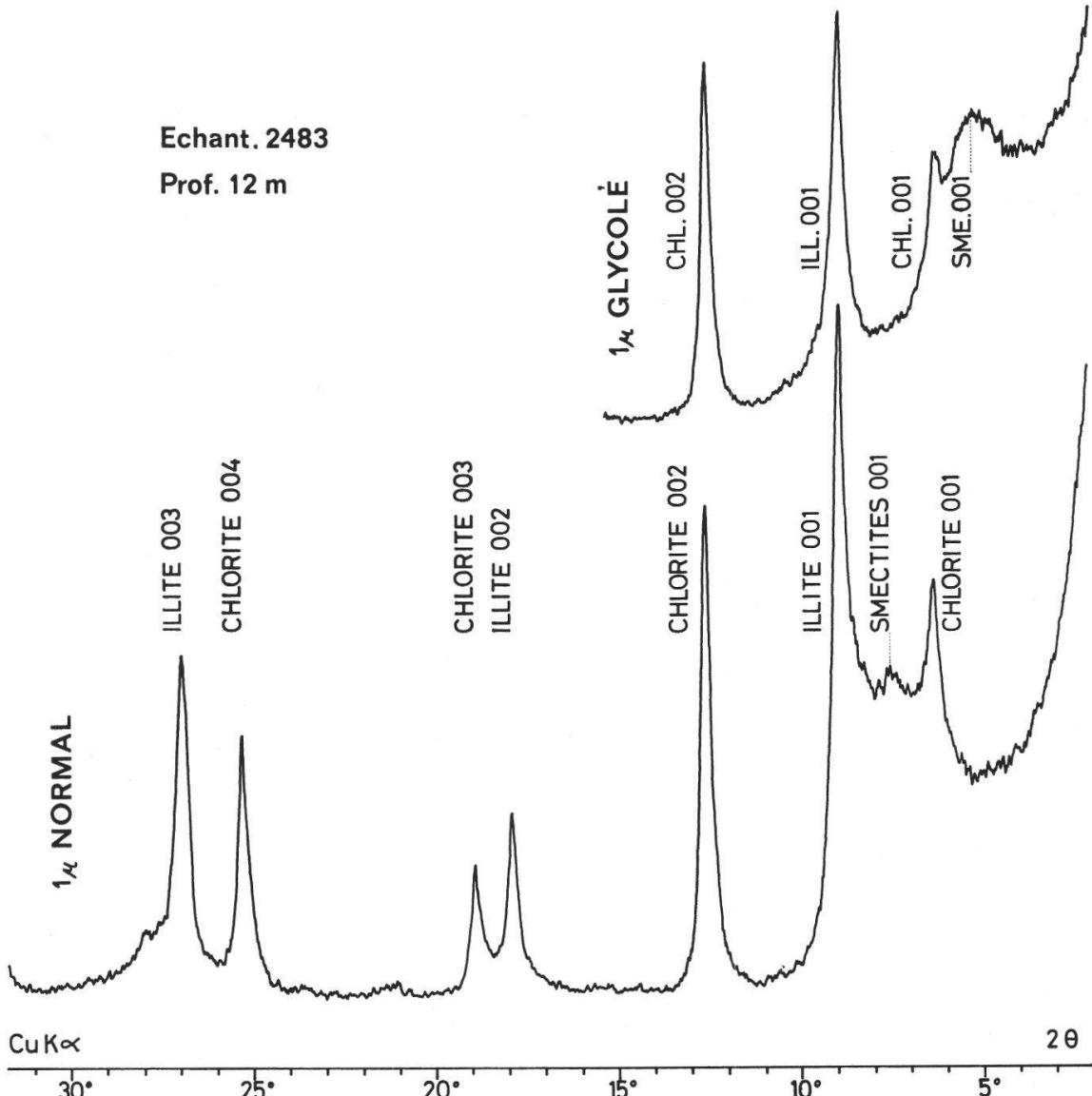


Fig. 4. Diagrammes de diffraction X caractéristiques (matrice de la moraine de fond, matériel décarbonaté, plaques orientées 1μ séchées à l'air).

plus que doubler, passant de 5% à 6% en bas à une moyenne de plus de 12% dans les 5 m supérieurs. Il s'agit là de la tendance la plus nette décelée chez les minéraux argileux.

L'illite

L'illite est nettement prédominante (40% à 50% rel. dans tous les échantillons) ; cette prédominance dans les moraines est signalée par MILLOT (1964), qui voit là un indice net de détritisme pur (héritage direct de la roche-mère).

En quantité absolue, elle augmente entre 12 m et la surface (d'un tiers environ). Elle subit une altération dans les premiers mètres du profil, qui se marque par une légère dégradation de la cristallinité (indice d'aigu) (cf. tableau III).

La chlorite

On la rencontre toujours en quantités appréciables (25% à 45% rel.). En pourcentage absolu, elle montre une évolution négligeable.

5. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les tendances des paramètres étudiés sont résumées dans le tableau suivant.

TABLEAU II
Tendances dans le profil

Paramètres	Tendances (à partir de la surface)	Limites	Coeff. de corré- lation
Quartz	diminue	0 - 11 m	- 0,859
Calcite	augmente	0 - 6 m	0,883
Dolomite	apparition progressive	6,4- 7 m	—
Feldspaths	augmentent	0 - 11 m	0,834
Majeurs totaux	augmentent	0 - 9 m	0,716
Stock argileux	diminue	0 - 9 m	- 0,716
Smectites	diminuent	1 - 9 m	- 0,868
Illite	diminue	1 - 12 m	- 0,723
Chlorite	± constante	—	—
Coeff. de détritisme	diminue	0 - 11 m	- 0,881
Indice d'aigu	diminue	0 - 5 m	—

En groupant par tranches de 5 m (5 échantillons chacune), on obtient les moyennes du tableau III.

TABLEAU III
Valeur moyenne de chaque paramètre, par tranches de 5 m

Profon- deur	Quartz %	Calcite %	Dolom. %	Carb. tot. %	Feldsp. %	Maj. tot. %	Coeff. détr. <i>d</i>
0- 4 m	31,1	28,4	—	28,4	2,8	62,3	0,39
5- 9 m	26,3	38,2	2,3	40,5	5,2	72,0	0,28
10-14 m	27,2	33,7	4,8	38,5	5,8	71,5	0,24
15-19 m	27,6	33,4	5,3	38,7	5,2	71,5	0,22

Profondeur	Arg. tot. %	Smectites %	Illite %	Chlorite %	Ind. aigu mm
0- 4 m	37,7	12,3	16,7	8,7	3,97
5- 9 m	28,0	6,1	13,8	8,1	3,62
10-14 m	28,5	5,4	12,4	10,7	3,72
15-19 m	28,5	4,8	12,6	11,1	3,74

5.1. Altération ou apports différenciés

Tous ces faits peuvent être interprétés de deux façons différentes :

- a) l'apport n'est pas constant ;
- b) le matériel, homogène lors du dépôt, a subi des transformations depuis lors.

Sans rejeter de manière absolue la première hypothèse, force est de constater que la seconde cadre beaucoup mieux avec les résultats. On peut envisager que la moraine de fond a subi, dans les premiers mètres de son profil, une altération « *in situ* », au niveau de sa matrice. Ainsi s'explique, près de la surface :

- l'enrichissement (relatif) en quartz, par disparition d'autres minéraux majeurs ;
- l'appauvrissement en calcite ;
- la disparition de la dolomite ;
- la dégradation des feldspaths (voir l'évolution de l'indice *d*) ;
- l'augmentation du stock argileux ;
- la dégradation de l'illite.

5.2. Niveaux

D'après les moyennes calculées, on peut déterminer trois niveaux dans le profil :

- A. Un niveau « très » altéré, soit environ les cinq premiers mètres à partir de la surface. Les caractères de cette zone viennent d'être discutés.
- B. Une zone de transition, entre 5 et 9 m, dans laquelle les phénomènes s'amorcent, à des niveaux divers selon le paramètre envisagé.

On y constate :

- un niveau d'accumulation de la calcite ;
- l'apparition progressive de la dolomite ;
- la tendance de *d* vers des valeurs plus petites ;
- une stabilisation des teneurs en argiles.

C. Une zone saine, dont la composition moyenne donne une bonne image de la moraine de fond, type Valangin. Elle se présente, quant à son ciment, comme suit :

- quartz 27,5% ;
- calcite 33,5% ;
- dolomite 5% ;
- feldspaths 5,5% ;
- argiles 28,5%, dont 5% de smectites, 12,5% d'illite et 11% de chlorite.

La granulométrie de ce matériel est celle de l'échantillon-type de la figure 1. La valeur moyenne de d à ce niveau (0,23) atteste de la fraîcheur du sédiment.

6. CONCLUSIONS

L'étude de détail d'une carotte de moraine de fond a permis de montrer que ce sédiment est loin d'être totalement imperméable, au sens strict du terme. Des phénomènes d'altération « *in situ* » se produisent dans sa partie supérieure. La calcite, la dolomite, les feldspaths semblent agressés par hydrolyse. Aucun lessivage ne se produit, puisque les fractions argileuses paraissent enrichies dans les premiers mètres. Seule la calcite semble se concentrer à un niveau intermédiaire (dissolution-représécitation?).

Dans la partie non altérée, on peut caractériser le sédiment étudié ainsi : formation détritique, granulométriquement mal classée, dont le ciment est formé d'un peu plus d'un tiers de carbonates, d'un tiers de quartz et feldspaths, enfin d'un tiers environ de minéraux argileux.

On constate une grande similitude entre les « faciès » roentgénographiques de cette moraine et ceux de la molasse. On rejoint ainsi les considérations de GASSER et NABHOLZ (1969) et de PETERS (1969).

L'examen de forages semblables, provenant du Val-de-Ruz, de la bordure du Jura ou du Bassin molassique, permettrait sans doute :

- de statuer sur la valeur locale, ou au contraire plus générale, de l'échantillon-type défini plus haut (granulométrie, pétrographie) ;
 - de préciser les zones d'apport.
-

Remerciements

Cette étude a été entreprise sous l'instigation de M. B. Kubler, directeur de l'IGU ; M. F. Persoz a apporté ses précieux conseils lors de la rédaction de cette note. Qu'ils en soient tous deux sincèrement remerciés.

Nos remerciements vont également au Département des travaux publics du canton de Neuchâtel, qui a autorisé la publication de ces résultats.

Résumé

Un profil de 19 m de moraine de fond, obtenu par forage (carottage continu), a été étudié au point de vue minéralogique et pétrographique au moyen de méthodes roentgénographiques. L'étude a porté principalement sur la matrice. La partie supérieure du forage subit une altération « *in situ* »; la partie inférieure, non altérée, permet de définir un échantillon-type.

Zusammenfassung

Ein Grundmoränenprofil von 19 m wurde abgebohrt und durchgehend gekernt. Das Material, vor allem die Grundmasse, wurde mineralogisch und petrographisch mittels roentgenographische Methoden untersucht. Der obere Abschnitt der Bohrung zeigt eine Verwitterung « *in situ* », während im unteren, nicht angewitterten Teil die Auswahl einer Standardprobe möglich war.

Summary

A 19 m cross-section of ground moraine, obtained by means of a continuous drill-hole was studied from the mineralogical and petrographical point of view through use of X-ray diffraction. Particular emphasis was placed on the study of the matrix. The upper part of the drill-hole underwent alteration « *in situ* »; the lower, unaltered section, permits the determination of a type-sample.

BIBLIOGRAPHIE

- FRAUTSCHI, J.-M. — (1971). Etude pétrographique par roentgénographie de la molasse d'eau douce inférieure de quelques forages du Bassin molasique suisse. (Travail de licence IGU Neuchâtel. — Inédit.)
- GASSER, U. et NABHOLZ, W. — (1969). Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 62 (2) : 467-516, 6 fig., 2 tabl., 2 pl.
- KUBLER, B. — (1967). Stabilité et fidélité de mesures simples sur les diagrammes de rayons X. *Bull. Groupe français des argiles* 19 (1) : 39-47.
- MILLOT, G. — (1964). Géologie des argiles. 449 pp., 75 fig., 12 pl., Paris (Masson & Cie).
- PERSOZ, F. — (1969). Fidélité de l'analyse quantitative des poudres de roches par diffraction X. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA* 3 (2) : 329-355.
- (1973). Note sur la distribution de la dolomite du Jura neuchâtelois méridional. *Bull. Soc. neuchâtelois. Sci. nat.* 96 : 149-162, 3 fig., 1 tabl.

- PETERS, T. — (1965). Zur quantitativen röntgenographischen Bestimmung von Albit und Kalifeldspat in pelitischen Sedimentfraktionen. *Bull. suisse de Minéralogie et Pétrographie* 45 : 115-121, 1 fig.
- (1969). Tonmineralogie einiger Glazialablagerungen im schweizerischen Mittelland. *Elogiae Geologicae Helvetiae* 62 (2) : 517-525, 3 fig., 3 tabl.
- (1970). A Simple Device to Avoid Orientation Effects in X-Ray Diffractometer Samples. *Norelco Reporter* 17 (2) : 23-24, 3 fig.
- PORTMANN, J.-P. — (1966). Pétrographie des formations glaciaires à l'E du lac de Bienne (Suisse). *Elogiae Geologicae Helvetiae* 59 (2) : 697-721, 15 fig.
- ROBERT, M. et BARSHAD, J. — (1972). Sur les propriétés et la détermination des minéraux argileux 2/1 expansibles (vermiculites-smectites). *C. R. Acad. Sci. Paris* 275 (série D) : 1463-1465, 1 tabl.
-