

Sédimentologie et minéralogie d'une séquence interglaciaire deltaïque du Plateau de Bevaix (Neuchâtel, Suisse)

Autor(en): **Weber-Tieche, Isabelle**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **91 (1998)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-168407>

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.

Sédimentologie et minéralogie d'une séquence interglaciaire deltaïque du Plateau de Bevaix (Neuchâtel, Suisse)

ISABELLE WEBER-TIECHE¹

Key words: Lacustrine sediments, interglacial, kaolinite, vivianite, pedogenesis, loess

ABSTRACT

Sedimentological and mineralogical studies show that an interglacial deltaic complex was deposited on the Plateau de Bevaix; the presence of kaolinite and vivianite indicate a pedogenesis under temperate climatic conditions in the Jura Mountains. The presence of "pre Würmian maximal stage" loess is also demonstrated: the biotite, not present in the vicinity, could only originate from very distant regions and brought by wind. With mapping methods and engineering sounding we try to show the architecture of the sedimentary bodies that constitute the Plateau de Bevaix.

RESUME

Des études sédimentologiques et minéralogiques permettent de conclure au caractère interglaciaire tempéré d'un complexe deltaïque formant une partie du Plateau de Bevaix (nord du lac de Neuchâtel); la présence de kaolinite et de vivianite atteste d'une pédogenèse sous climat tempéré dans le Jura Sud. La présence de loess antérieurs au dernier maximum würmien est également démontrée, la biotite ne pouvant être liée qu'à un transport éolien sur de longues distances. À l'aide de la cartographie et des sondages de l'autoroute nous essayons également de mettre en évidence les relations géométriques des divers corps sédimentaires du Plateau de Bevaix.

1. Introduction

1.1 Cadre géographique et morphologique

Le Plateau de Bevaix est limité au nord et à l'ouest par les assises jurassiques-crétacées de la chaîne du Jura, à l'est par le delta de l'Areuse et au sud par le lac de Neuchâtel (fig. 1). Il fait partie d'une zone déprimée entre Bevaix et Auvernier en relation probable avec les grandes failles conjuguées de l'arc jurassien (Pavoni 1961). Sur un substrat molassique (marnes, grès et calcaires), d'âge oligocène se sont accumulés les sédiments quaternaires suivants:

- au sud et à l'est (en bordure du lac): des sédiments fluviaux et lacustres (laminites, sables et graviers, contenant parfois de la matière organique: unités A1 et A2)
- sur toute la région: des sédiments glaciaires (moraine de fond: unité B; graviers fluvioglaciaires localement au nord: unité C)
- répartis de façon variable selon la topographie: des sédiments holocènes (alluvions, colluvions, dépôts de marais, etc.: unité D).

Le relevé des carottages géologiques de la route nationale N5 en 1989, dans la région de Boudry Chanélaz, a révélé la pré-

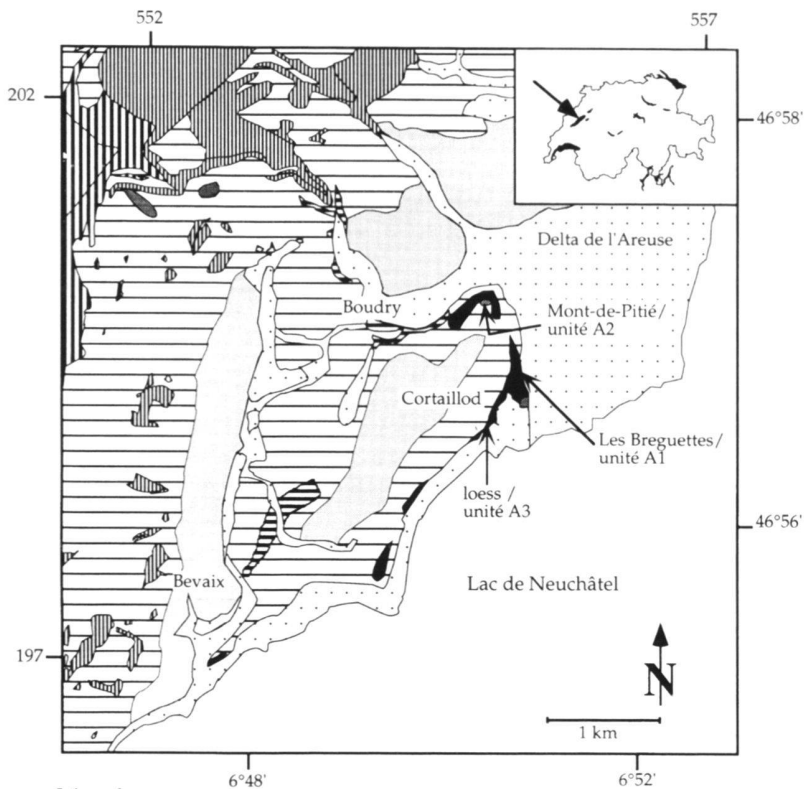
sence de sédiments limono-sableux et de laminites riches en bois et en mollusques avec des intercalations de formations morainiques. Ces sédiments reposent sur un substrat molassique tertiaire et sont recouverts par la moraine de fond würmienne. Plusieurs cycles sédimentaires (alternances de sédiments lacustres et morainiques) sont reconnus et ils pourraient être associés à des périodes glaciaires et interglaciaires.

Ce travail présente les résultats d'une recherche de type monographique sur les unités lithostratigraphiques qui constituent le Plateau de Bevaix et plus particulièrement de l'unité interglaciaire A, qui constitue la partie est du Plateau de Bevaix (Weber 1992). Nous décrivons principalement la sédimentologie et la minéralogie de ces unités. Ensuite, nous ferons quelques commentaires sur les relations géométriques qui existent entre les unités lithologiques définies ici pour le Plateau de Bevaix.

1.2 Historique des recherches

En 1925, Frei décrit un affleurement de graviers et galets recouvert de moraine würmienne au sommet de la colline de Chanélaz (Mont-de-Pitié, alt. 510 m; v. fig. 6). Il met ces sédiments graveleux en relation avec un ancien delta de l'Areuse localisé entre le pied du Jura et le flanc nord du glacier du

¹ Institut de Géologie, 11 rue Émile Argand, CH-2000 Neuchâtel. Tél. 032/718 26 00



Légende:

Quaternaire	Holocène		alluvions, tourbes, colluvions, delta de l'Areuse actuelle (unité D)
	Würm		graviers fluvioglaciaires: retrait würmien (unité C)
			moraine de fond (unité B)
			loess (unité A3)
	Interglaciaire (Eemien?)		graviers (unité A2)
			laminites, sables et limons (unité A1)
Tertiaire	Oligocène		molasse (grès, marnes et calcaire)
Secondaire	Crétacé		indifférencié
	Jurassique		indifférencié

Fig. 1. Carte géologique de la région Bevaix-Boudry-Cortaillod (modifié d'après la Feuille 1164, Neuchâtel, Atlas géologique de la Suisse). Les lignes à l'intérieur des formations jurassiques et crétacées représentent les limites qui n'ont pas été différenciées dans la légende.

Rhône. Selon l'auteur, l'Areuse actuelle emprunterait encore un ancien sillon creusé dans la Molasse entre les Trois Rods et Boudry. Un âge correspondant à la fin du Riss ou même plus ancien est envisagé pour ces formations.

En 1926, Jeannet décrit à Cressier (NE) un affleurement formé de sables, limons, argiles, tufs à mollusques et graviers. Une moraine würmienne recouvre ces sédiments que l'auteur interprète comme antérieurs à la dernière glaciation, donc interglaciaires.

En 1960, Jayet & Portmann rappellent la présence d'un interglaciaire fossilifère sous la moraine würmienne dans la région d'Yverdon - Grandson au lieu-dit «Les Tuileries». L'interglaciaire est constitué de limons gris et de sables avec des intercalations de niveaux riches en fossiles. Ce niveau,

déjà décrit dans d'autres affleurements de la région par plusieurs auteurs (Renevier 1894; Jeannet 1923), fût rapporté à la période du Riss-Würm. Sous la série lacustre apparaît une formation constituée de blocs recouvrant une moraine, attribués à la glaciation du Riss. Le contact inférieur de la moraine rissienne avec la Molasse n'ayant pu être reconnu, il est permis d'envisager la présence de dépôts quaternaires plus anciens (Jayet & Portmann 1966). L'analyse palynologique d'un récent carottage à Grandson/Vinaigre donne un âge holsteinien pour cet interglaciaire habituellement associé à l'Eemien (Welten 1988).

Selon Meia et al. (1971), les sédiments varvés formant le soubassement du plateau de Bevaix-Planeyse sont liées à l'activité du glacier du Rhône. Lors de son retrait, ce dernier au-

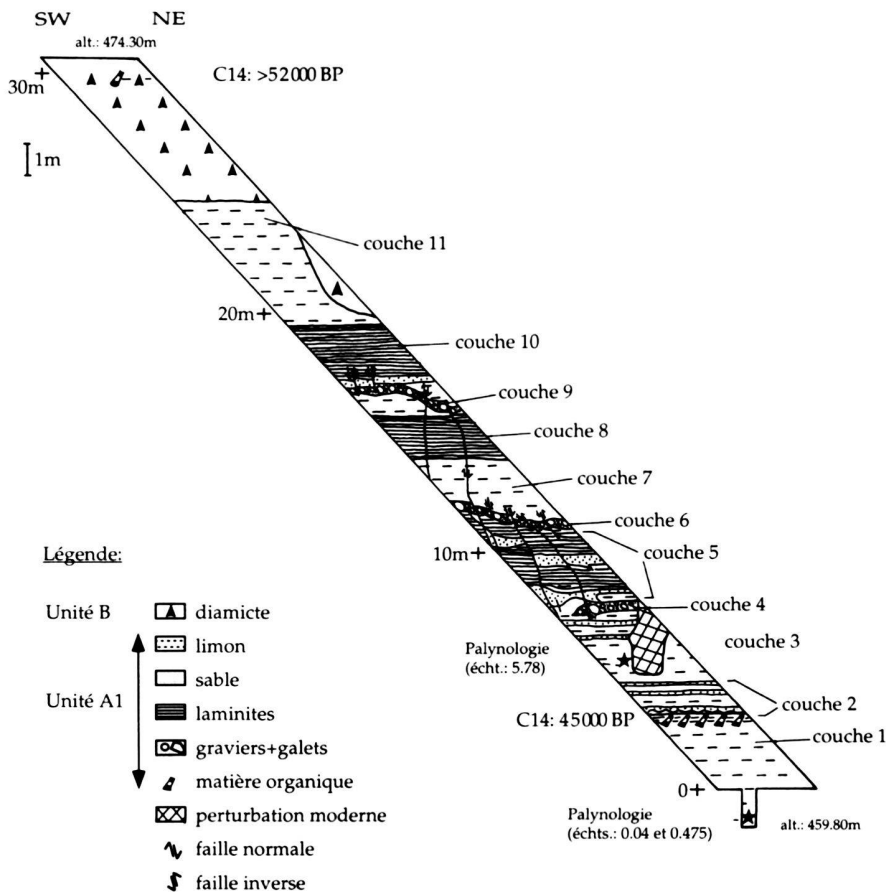


Fig. 2. Relevé stratigraphique de la coupe des «Breguettes» (Cortaillod, NE; coord. 555.10/199.70) avec la situation des échantillons C14 et palynologiques. N.B.: la coupe n'est pas verticale, les pendages sont variables.

rait formé un barrage aux eaux de fonte en provenance du Val de Travers, en créant un bassin d'accumulation latéral.

Staub (in Portmann 1974) fait allusion aux terrasses (alt. 450–500 m) privées d'erratique: le delta Planeyse-Bevaix (NE) et les terrasses de Sermuz-Gressy au sud d'Yverdon (VD) et Münchenwiller-Courgevaux au sud de Morat (FR).

Entre le Petit Cortaillod et la Tuilerie, Brochier (in Borrello et al. 1986) décrit un affleurement (alt. 445 m) formé de bancs subhorizontaux de sables limoneux, de limons et de niveaux riches en bois et matière organique. L'auteur mentionne une datation ^{14}C (CRG Thonon-549: 27550 ± 1130 a B.P.) qui permettrait, selon lui, d'attribuer cette série lacustre à un interstade würmien ou même un interglaciaire plus ancien.

Très récemment, Jordi (1996) a publié une synthèse des derniers relevés stratigraphiques effectués dans la région de Grandson lors des travaux de la N5. La compilation d'une cinquantaine de sondages a permis la construction de plusieurs coupes stratigraphiques permettant d'évaluer l'extension spatiale des diverses formations reconnues par les précédents auteurs, soit la moraine du Mindel (?), les sédiments fins lacustres ainsi que les sables et les graviers de l'interglaciaire Mindel-Riss et la moraine de fond du Würm.

2. Descriptions lithologiques des unités A et B

2.1 Les Breguettes, profil de référence

2.1.1 Lithologie

Une coupe de référence (fig. 2) relevée dans un chantier de construction sur le coteau oriental du Plateau de Bevaix-Cortaillod au lieu-dit Cortaillod/Les Breguettes (fig. 1, coord. 555.25/199.79) permet de différencier deux unités lithologiques distinctes: l'unité A1 et l'unité B.

Description

La *couche 1* (à la base de l'unité A1; alt. 459.80 m) est constituée de limons argileux, gris, sans structure sédimentaire visible, recelant quelques rares galets d'origine alpine. Des cristallisations en rosette de vivianite (minéral bleu vif reconnu en diffraction X) sont très communes dans ces limons et peuvent atteindre 10 cm de diamètre. Quelques bancs de sable (à base érosive) et des niveaux riches en matière organique font la transition (à 3.50 m) vers des alternances millimétriques d'argiles, de limons et de sables fins à granoclassement que nous

nommerons laminites: la *couche 2*. Dès 4.0 m, la série se poursuit par les limons gris, homogènes, contenant quelques bancs centimétriques de sable: la *couche 3*.

A 7.0 m, un banc de graviers et galets calcaires et cristallins épais de 30 cm, la *couche 4*, donne le signal d'une sédimentation plus grossière avec des bancs décimétriques de sables oxydés oranges et des laminites gris-brun: la *couche 5*. Cette phase se termine à 11 m par un deuxième banc de graviers comportant des galets cristallins et calcaires: la *couche 6*. De nombreuses failles normales de tassement postsédimentaire affectent cette partie de la série. Elles sont particulièrement visibles dans les bancs de graviers, où le rejet apparent est de 15 à 20 cm. De 11 à 19.5 m se succèdent des limons argileux gris d'aspect monotone: la *couche 7* (de 11 à 14 m), des laminites: la *couche 8*; un troisième banc de graviers: la *couche 9* et à nouveau des laminites: la *couche 10*. L'unité A1 se termine par des limons gris homogènes, parfois interstratifiés, avec de fins niveaux de sable (de 19.5 à 25 m): la *couche 11*. Des niveaux à matière organique sont présents dans toute la séquence. Certains ont fait l'objet d'un échantillonnage pour l'analyse ^{14}C . La stratification des couches est subhorizontale.

La séquence se termine par une diamictite compacte (unité B) à matrice limono-argileuse brun-jaune clair contenant des graviers, galets et blocs arrondis d'origine alpine en majorité, et jurassienne dans une moindre mesure (de 25 à 31 m). Cette formation est en discordance sur l'unité A1 sous-jacente. Un morceau de bois découvert dans cette unité fût d'abord associé à une période très récente. L'échantillon (Bre 75) a été soumis à l'analyse ^{14}C (B-5459 = > 52000 a B.P.). Les résultats seront discutés plus loin.

Le terme descriptif de *diamictite* (ou *diamicton*), cité ci-dessus, se réfère à un mélange de galets, graviers, sable, limon et argile, mal trié et sans considération de sa genèse (Eyles 1983).

Interprétation

Les limons massifs gris des *couches 1 et 3* sont interprétés comme des dépôts fins d'origine lacustre en position distale par rapport au delta d'alimentation. La bioturbation peut être un facteur d'homogénéisation des sédiments laminés leur conférant un aspect massif et sans structure. Quelques *dropstones* sont observés. Ils ont été mis en place postérieurement par des arbres arrachés, recelant dans leurs racines du sédiment contenant des galets et des graviers qu'ils restituent lors de leur flotaison dans le lac.

Les laminites de la *couche 2* sont interprétées comme des turbidites en position distale par rapport au delta d'alimentation. Elles supposent des courants de gravité quasiment indépendants des variations saisonnières de température et ne sont donc pas forcément un paramètre indicatif du climat. Le terme de varves serait ici peu approprié car il définit des sédiments laminés présents dans les lacs diamictiques, où la stratification thermique dépend des variations saisonnières de la température. Les bancs de galets et graviers ainsi que les sables des *couches 4 et 5*, évoquant un milieu à haute énergie, sont inter-

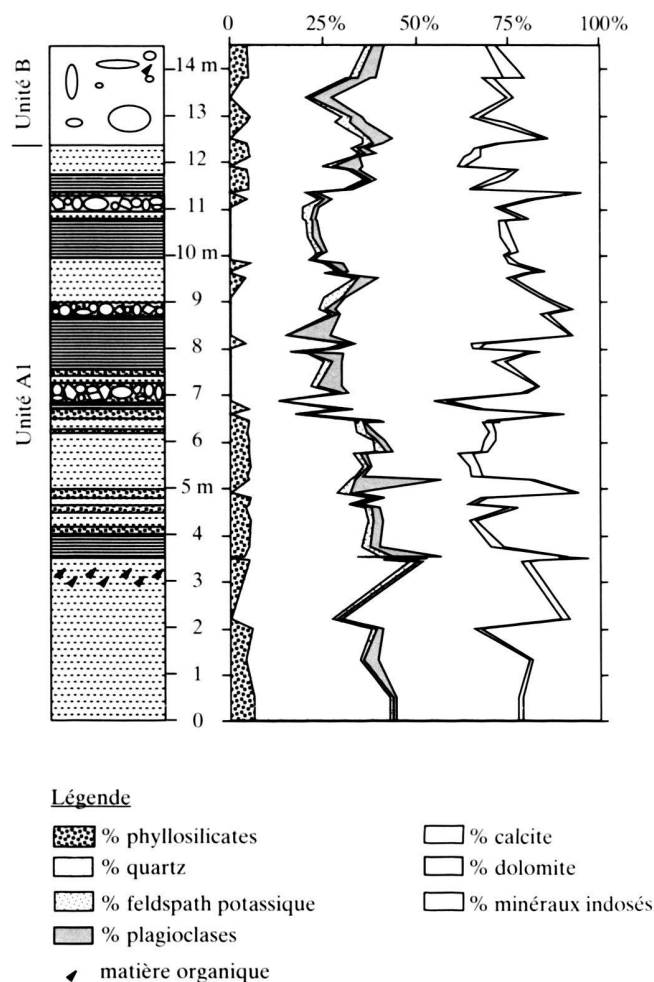


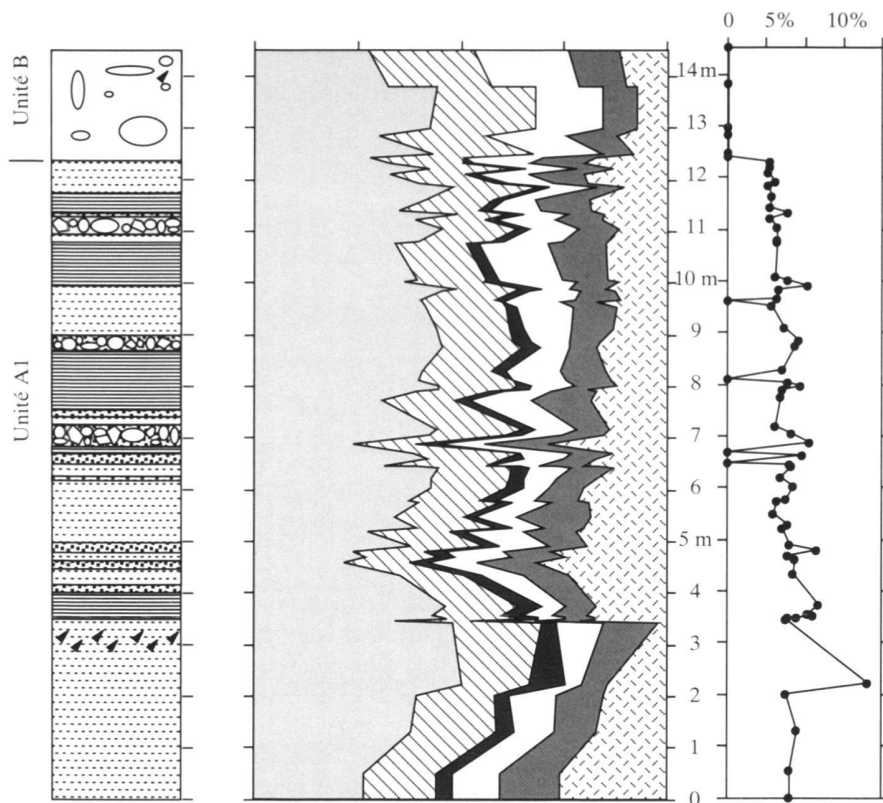
Fig. 3. Coupe des Breguettes: distribution des minéraux de la roche totale, exprimé en pourcentages.

prétés comme des chenaux sous-lacustres. Les niveaux riches en matière organique sont liés à des périodes de crues.

La granulométrie des dépôts varie en fonction des fluctuations du régime hydrologique et des variations spatio-temporelles des apports détritiques. Le contexte est de type lacustre à proximité d'un delta d'alimentation. En raison de l'altitude élevée des sédiments de ce delta, nous envisageons la présence d'un lac de dimensions importantes.

La présence de matière organique dans toute l'unité A1 exclut un dépôt d'origine glaciaire et suggère un climat tempéré lié à un interglaciaire (peut-être Riss-Würm) ou un interstade würmien.

La diamictite (unité B) est interprétée comme une moraine de fond ou *deformation till* (Eyles 1983). En position discordante sur l'unité A1, ce faciès est en partie le résultat du remaniement de terrains plus anciens.



Légende

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| % mica (pic 001) | % albite |
| % chlorite (pic 004) | % feldspath potassique |
| % kaolinite (pic 002) | % quartz |
| % kaolinite (pic 002) | |
| matière organique | |

Fig. 4. Coupe des Breguettes: distribution des phyllosilicates et des minéraux en grains reconnus dans la fraction 2-16 μm , avec détail de la variation de la kaolinite (pic K002); exprimé en pourcentages.

2.1.2 Résultats minéralogiques

Des analyses de la roche totale et du résidu insoluble (fraction $< 2 \mu\text{m}$ et 2-16 μm) par diffraction X sur Scintag-XRD 2000, ont été effectuées sur 60 échantillons de la séquence des Breguettes afin de caractériser les diverses lithologies observées. Les échantillons furent préparés selon les méthodes du Laboratoire de Minéralogie et Pétrographie de l'Institut de Géologie de Neuchâtel: préparation des fractions (Kübler 1987); séparation des fractions $< 2 \mu\text{m}$ et 2-16 μm après décarbonation, par centrifugation (Rumley & Adatte 1983).

En *roche totale*, les minéraux suivants ont été identifiés par dosage selon la méthode de l'étalon externe: calcite, dolomite, quartz, feldspath potassique, plagioclase et phyllosilicates. Ces minéraux sont présents dans tous les échantillons analysés des unités A1 et B (fig. 3). Ils traduisent l'origine détritique de ces formations à composante mixte alpine et jurassienne. La figure

3 montre la distribution en pourcentages des divers minéraux présents dans la séquence des Breguettes. Les pourcentages sont calculés à partir des intensités brutes (Rolli 1990).

Les minéraux en grains montrent peu de variations, exceptée leur légère augmentation quantitative dans le haut du profil. Les minéraux indosés correspondent, pour ce type de sédiment, en majeure partie aux phyllosilicates. Leur présence est inversement proportionnelle à celle de la calcite. La teneur moyenne en calcite (30%) augmente localement (50%). Ce phénomène, qui n'est pas associé à une augmentation des minéraux en grains ni à celle de la dolomite, pourrait être l'indice d'une présence de calcite authigénique. L'examen au microscope électronique à balayage permettrait de contrôler cette hypothèse. La composition chimique de la dolomite a pu être précisée par déconvolution et révèle la présence d'ankérite, de Fe-dolomite et de dolomite. On notera l'absence

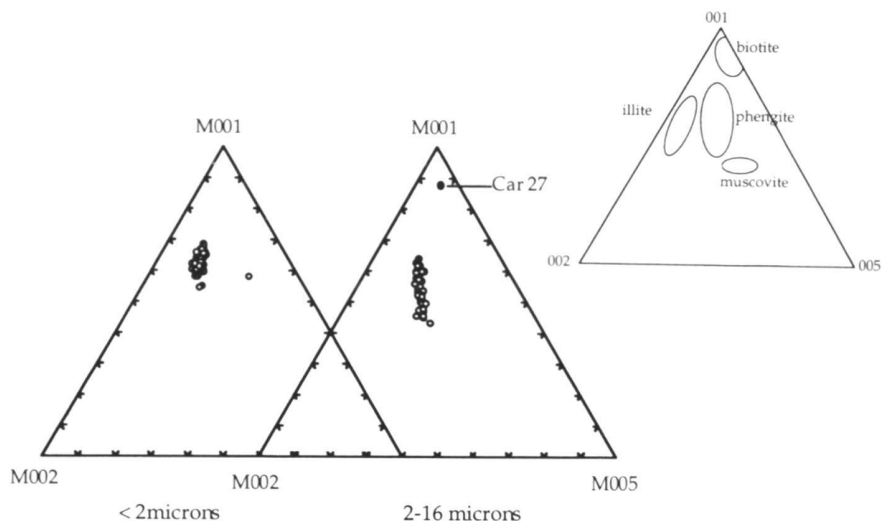


Fig. 5. Représentation graphique des micas selon le diagramme de Rey & Kübler (1983): échantillons Car 27 (en noir) et les échantillons des Bre-guettes (en blanc).

d'ankérite dans l'unité B. Le minéral bleu macroscopique observé dans les limons gris est un hydrate de phosphate de fer: la vivianite (formule chimique: $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). En résumé, la composition minéralogique en roche totale est globalement semblable pour les diverses lithologies étudiées hormis la présence de vivianite dans l'unité A1.

En fraction 2–16 μm (fig. 4), les phyllosilicates reconnus dans les échantillons de l'unité A1 sont: le mica (21–47%), la chlorite (15–26%) et la kaolinite (0–9%, mis à part un échantillon à 23%). Les minéraux en grains sont: le quartz (10–30%); l'albite (7–17%) et le feldspath potassique (7–18%). La composition minéralogique est homogène pour tous les échantillons de l'unité A1. La kaolinite est absente des quatre échantillons de la diamicte (unité B).

En fraction < 2 μm , les mêmes minéraux ont été reconnus que dans la fraction 2–16 μm .

La représentation ternaire des pics 001–002–005 des micas (Rey & Kübler 1983) montre une composition de type illite-phengite (fig. 5). La représentation ternaire des pics 001–002–003 des chlorites (Oinuma et al. 1972) montre une composition riche en fer et manganèse.

2.1.3 Discussion

De nombreux travaux ont porté sur l'étude minéralogique des formations s'étageant du Jurassique au Quaternaire. Elles représentent des sources potentielles d'approvisionnement pour les sédiments détritiques faisant l'objet de notre étude. Les assemblages minéralogiques sont notamment décrits par Persoz & Remane (1976), Adatte (1988) pour le substratum jurassique-crétacé; Zimmermann et al. (1976), Monnier (1982) pour la Molasse; Aubert (1975), Vernet (1963), Sittler (1965) pour l'Eocène et le Sidérolithique et Monbaron (1973), Turberg (1987), Rolli (1991) pour la moraine de fond quaternaire.

Il apparaît que la kaolinite n'est pas présente dans la Molasse (en Suisse) ni dans la moraine de fond, alors qu'elle a été reconnue dans le Sidérolithique (60–80%) et dans les assises jurassiques-crétacées dans une moindre mesure.

Dans le cadre de l'étude du remplissage karstique de la grotte de Cotencher, la couche VI (à la base de la série), d'un âge minimum de 43 000 ans, montre une association minéralogique caractérisée par la présence de kaolinite, feldspath potassiques et plagioclase (Adatte et al. 1991). Selon les auteurs, l'encaissant jurassique n'a pas pu fournir à lui seul autant de kaolinite et de feldspath potassique, conférant ainsi une origine partiellement allochtone à ces sédiments. La forte teneur en kaolinite, la présence des interstratifiés de type illite-smectite ainsi que l'absence d'amphibole pourrait être l'indication d'une altération pédogénétique intense durant l'Eemien, dont le climat était assez chaud pour permettre une pédogénèse à kaolinite.

D'après les travaux de divers auteurs (Nriagu & Dell 1974; Balenzano et al. 1974), la vivianite est issue de la diagenèse précoce. Elle précipite en milieu lacustre réducteur, riche en fer et aluminium, et sous l'action de solutions phosphatées dérivant de restes organiques. Sa présence est souvent associée à celle d'os, de bois et de matière organique. Une étude des sédiments du lac du Bouchet (France) montre que la présence de vivianite est couplée à une forte augmentation du taux de matière organique (Brocero 1991). Ce phénomène est corrélé à des phases interglaciaires à climat tempéré.

2.1.4 Interprétations

L'association minéralogique typique des sédiments lacustres de l'unité A1 permet de lever plusieurs inconnues quant à leur source d'approvisionnement en matériel et les conditions physico-chimiques du lac dans lequel ils se sont déposés.

Le démantèlement d'un niveau sidérolithique (poches locales) ne suffit pas pour approvisionner en kaolinite des sédiments lacustres d'une telle importance. L'absence d'amphibole exclut un apport par une composante éolienne würmienne (Adatte et al. 1991). La fraction fine des sédiments glaciaires et fluvio-glaciaires du Plateau suisse montre une minéralogie semblable au soubassement molassique dont elle est issue (Gasser & Nabholz 1969). Un héritage exclusivement morainique et molassique doit donc être écarté dans le cas de Cortaillod, ces deux formations ne contenant pas de kaolinite. La présence de vivianite, localisée à la base de la série lacustre, traduit un milieu sédimentaire de type lacustre, réducteur et riche en matière organique.

En considération de ces paramètres, il paraît improbable que les sédiments lacustres de Cortaillod/Les Breguettes soient liés à un système glaciolacustre en bordure d'un glacier. Il faut envisager par conséquent une période interglaciaire à climat tempéré (l'Eemien par exemple), permettant le développement de sols de pédogenèse à kaolinite. De plus, ces conditions justifient une production végétale suffisante pour l'approvisionnement du lac en matière organique pour permettre la précipitation de vivianite authigénique dans des conditions géochimiques particulières.

2.1.5 Datations

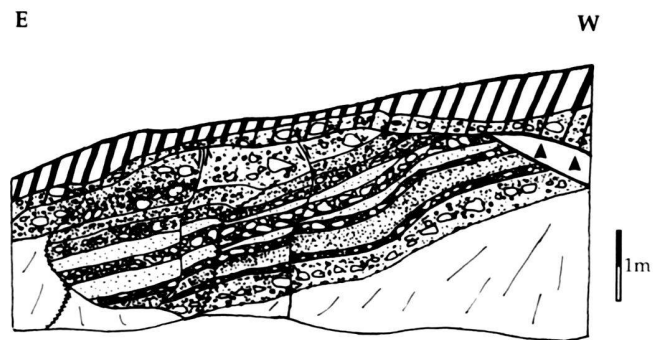
Trois échantillons palynologiques ont été prélevés à la base de l'unité A1 par E. Bezat (fig. 2). L'analyse montre une dominance du sapin à la base de la série, puis celle du pin dans l'échantillon le plus élevé. La présence de *Carpinus*, caractéristique de l'interglaciaire Riss/Würm, n'est pas marquée. Ces résultats pourraient néanmoins placer la base des sédiments lacustres (unité A1) à la fin de l'interglaciaire éemien ou dans un interstade du Würm (comm. orale E. Bezat).

Deux échantillons de matière organique et de bois ont été prélevés (v. fig. 2) et datés par radiocarbone à l'Institut de Physique de Berne. Dans l'unité A1, nous avons collecté du matériel dans deux niveaux de matière organique. La datation de l'échantillon B-5458 donne un âge de 46 000 a B.P. (+1600/-1300). Le deuxième échantillon B-5459 a été prélevé sur un morceau de bois de la moraine (unité B). L'analyse donne un âge plus ancien que 52 000 a B.P.

Les résultats de l'analyse ^{14}C laissent supposer que les échantillons ont atteint les limites de la méthode de datation. D'autre part, à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de Cortaillod, les sédiments interglaciaires de Grandson ont été datés du Mindel-Riss (?) par l'analyse palynologique (Welten 1988). Ces arguments sont en faveur d'un âge antérieur à la glaciation du Würm pour les sédiments interglaciaires de Cortaillod; éventuellement éemien?

2.2 Observation de sections latérales

Lors de cette étude, nous avons effectué une cartographie de la région (v. fig. 1) afin d'apprécier l'extension des unités litho-



Légende:

sol	diamictes (unité B)
graviers et sables altérés	éboulis (unité D)
graviers (unité A2)	faille normale
sables (unité A2)	arête

Fig. 6. Relevé sédimentologique de la coupe de «Mont-de-Pitié» (Boudry, NE; coord. 555.90/200.20): unité A2, pendage 160/24. Contact entre la moraine (unité B) et les graviers (unité A2).

logiques décrites dans le profil de référence ainsi que la reconnaissance d'autres formations.

2.2.1 UNITÉ A1, sédiments deltaïques fins

Le long du coteau sud du plateau de Bevaix, en direction du Petit Cortaillod à proximité du port de Bevaix, plusieurs affleurements de sables, limons et turbidites se succèdent à une altitude variant entre 450 et 500 m. Quelques analyses par diffraction X ont révélé la même composition minéralogique que celle des sédiments de l'unité A1 de Cortaillod/Les Breguettes. L'extension de l'unité A1 se fait donc vers le sud-ouest le long du lac jusqu'au port de Bevaix, où la topographie s'adoucit ne laissant apparaître que la moraine de fond. Géomorphologiquement, la partie supérieure du coteau de Cortaillod apparaît comme une ancienne terrasse lacustre (unité A1) reposant sur des sédiments quaternaires plus anciens et/ou sur le substrat molassique.

2.2.2 UNITÉ A2, sédiments deltaïques grossiers

En 1925, Frei avait déjà décrit l'affleurement du Mont-de-Pitié situé à quelques mètres du sommet de la colline de Chanélaz (fig. 6, coord. 555.90/200.20). Des bancs décimétriques de sable grossier à gravillons, de graviers et de galets (pendage 160/20) se succèdent sur une épaisseur de 2.50 m. Des failles normales de rejet apparent de 15 à 20 cm affectent l'ensemble des graviers. Une diamictite compacte à gros blocs de granites recouvre cette unité A2.

Nous interprétons ces graviers comme des couches de progradation de type *foresets* (Reineck & Singh 1986) situés en

Pourcentage

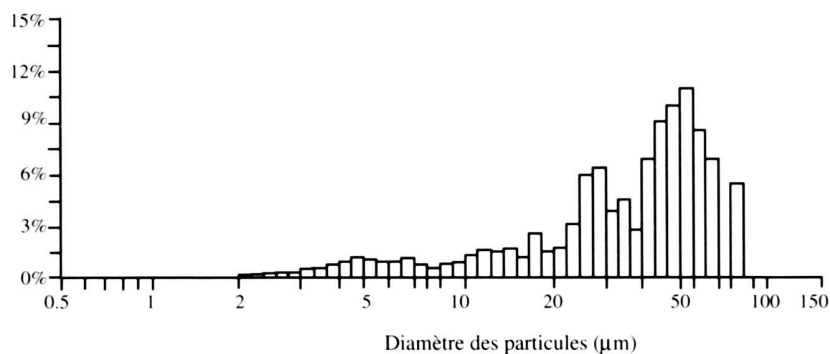


Fig. 7. Histogramme de l'analyse granulométrique de l'échantillon de loess (Car 28) prélevé à -3.30 m.

position proximale par rapport au delta d'alimentation. Ce matériel gravelo-sableux semble passer latéralement aux sédiments sablo-limoneux de l'unité A1, qui sont en position plus distale et sous-jacents à la diamictite (unité B).

Deux profils sismiques (Pugin & Rossetti 1992) effectués sur le delta de l'Areuse (à l'est de notre terrain d'étude) montrent la présence des sédiments type *foreset* et *bottomset* (Reineck & Singh 1986). A notre avis, une partie de la séquence inférieure pourrait être en relation avec les sédiments de l'unité A.

On rappellera la présence, entre Bevaix et Colombier (v. fig. 1), de formations fluvioglaciaires (unité C) communément associées au dernier retrait würmien et qui ne semblent pas être, par conséquent, contemporaines de l'unité A2.

2.2.3 UNITÉ A3, sédiments éoliens

Au sommet du coteau de Cortailod (v. fig. 1; coord. 555.10/199.05), nous avons effectué un sondage à la tarière qui a révélé la présence d'un sédiment sableux très fin d'une épaisseur de deux mètres sous le sol actuel. A une profondeur de 3.38 m, son contact avec les laminites de l'unité A1 est observé.

Les analyses

Les échantillons utilisés pour les analyses (Car 27 et 28) ont été prélevés à 3 m de profondeur, afin qu'ils ne soient pas influencés par la pédogenèse actuelle. L'analyse granulométrique (effectuée par laser sur Oriol) montre (fig. 7) que l'échantillon Car 28 est essentiellement formé de limon (90% des particules ont une taille entre 2 et 50 µm) avec une petite fraction argileuse (2%) et sableuse (8%). Ce bon tri granulométrique avec un mode unique correspond à des sédiments éoliens, *les loess*, associés à des conditions subdésertiques périglaciaires survenues à plusieurs reprises au plus fort des glaciations quaternaires (Campy & Macaire 1989).

L'analyse minéralogique (fig. 8) révèle pour les échantillons Car 27 et 28 une forte teneur en quartz (62-68%), la quasi absence de calcite (1-6%) et de dolomite (< 1%) dans la roche

totale, ainsi que la présence de biotite (v. fig. 5) et de kaolinite dans le résidu insoluble (Car 27).

Travaux antérieurs

En 1973, Pochon montre que certains sols sur substrat calcaire du Jura sont partiellement d'origine allochtone: la surabondance de chlorite, quartz et feldspath ne peuvent à eux seuls être hérités du substrat jurassique-crétacé. Cette composante allochtone proviendrait du remaniement éolien des formations glaciaires affleurant dans la région neuchâteloise. L'association minéralogique des loess de Cortailod se différencie de celle reconnue par Pochon (1973) par les fortes teneurs en micas alors que la chlorite, le quartz et les feldspaths sont peu représentés. Nous supposons que ces poussières sont d'origine allochtone, hors du périmètre de l'influence alpine. L'étude minéralogique des poussières sahariennes actuelles recueillies à Neuchâtel en 1989 (Kübler et al. 1990) montre un cortège minéralogique également différent de celui des loess de Cortailod: teneur en calcite dominant le quartz et dolomite. La kaolinite est un minéral typique d'environnement péri-désertique (Chamley 1971). Une origine saharienne au sens strict ou un remaniement éolien de formations glaciaires ne semble pas être à l'origine du sédiment que nous avons étudié.

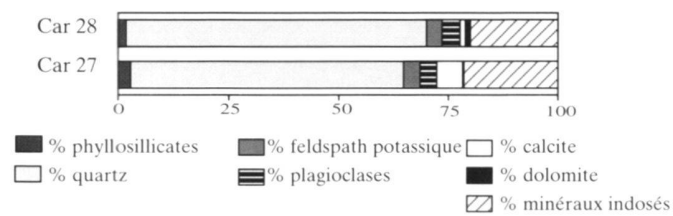
En conclusion

Nous interprétons les sables fins de Cortailod comme des loess d'origine continentale, qui sont liés aux conditions subdésertiques périglaciaires d'un interstade würmien ou d'une glaciation antéwürmienne.

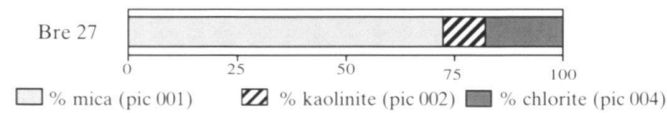
2.2.4 UNITÉ B, moraine würmienne

D'après la carte géologique (Frei et al. 1974) et nos propres observations; l'ensemble du plateau de Bevaix est recouvert par une moraine de fond (unité B) liée au dernier maximum glaciaire du Würm. Sur le site des Breguettes, cette formation a été observée en discordance sur la série lacustre, unité A1.

Pourcentage relatif des minéraux reconnus en roche totale



Pourcentage relatif des minéraux reconnus en fraction < 2 µm



Pourcentage relatif des minéraux reconnus en fraction 2–16 µm

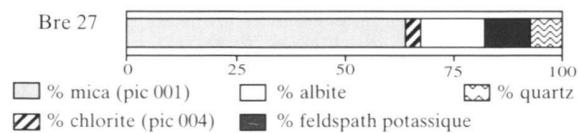


Fig. 8. Distribution en pourcentage des minéraux reconnus en roche totale, en fraction < 2 µm et fraction 2–16 µm pour l'échantillon Car 27 et en roche totale pour Car 28 (loess).

3. Reconstitution paleoenvironnementale

D'après la stratigraphie que nous avons pu établir, nous proposons une reconstitution de l'histoire quaternaire de la région.

3.1 Interglaciaire de Cortaillod (éemien?)

La présence de turbidites, sables et graviers dans la région de Boudry-Cortaillod/Port de Bevaix suggère la présence d'un lac de grande dimension d'une altitude minimum de 500 m ainsi qu'un delta d'alimentation. L'analyse par diffraction X a permis de caractériser l'association minéralogique des sédiments lacustres (unité A1). La présence de kaolinite est l'indice d'une altération pédogénétique intense durant un interglaciaire, où le climat était assez chaud pour permettre une pédogenèse à kaolinite (Adatte et al. 1991). La présence de vivianite indique la maturation précoce de la matière organique en milieu sédimentaire réducteur. L'absence de résultats crédibles de la datation ^{14}C (limite de méthode) est en faveur d'un âge antérieur au dernier cycle glaciaire et la palynologie met en évidence une végétation de fin d'interglaciaire. Cependant, ces éléments ne permettent pas d'assurer qu'il s'agisse de l'interglaciaire éemien. Un âge plus ancien pourrait être envisagé. En effet, les altitudes des sédiments lacustres interglaciaires Mindel-Riss de Grandson et Les Tuileries (Welten 1988, Jordi 1996) fluctuent entre 450 m et 476 m. Les altitudes entre 460 m et 470 m des sédiments lacustres de l'unité A1 de Cortaillod, ainsi qu'une succession stratigraphique très similaire

pourraient laisser supposer un âge identique pour ces dépôts distants d'une vingtaine de kilomètres.

On notera que les loess de l'unité A3 n'ont pu être replacés chronostratigraphiquement. Il est probable qu'ils fassent suite à la période interglaciaire, annonciateurs d'un événement froid représenté par la moraine (unité B).

3.2 Glaciations du Würm

De nombreux stades glaciaires sont communément envisagés pour la glaciation du Würm (Welten 1982). Dans la région neuchâteloise, la dernière avancée du glacier du Rhône est bien représentée par la moraine de fond (unité B) qui recouvre tout le Plateau de Bevaix. Son retrait se situerait autour de 16000 a.B.P. (Hadorn 1994).

3.3 Tardiglaciaire et holocène

Après le dernier retrait glaciaire, le niveau des eaux du lac de Neuchâtel varie entre 427 et 434 m (Müller 1973; Moulin 1991 et Schwalb 1992). Le Plateau de Bevaix reste exondé et colonisé par la végétation ainsi que par l'Homme. La sédimentation est de contexte terrestre avec des phénomènes de colluvionnement et de pédogenèse.

4. Conclusions et discussion

L'affleurement des Breguettes a révélé la présence de sédiments lacustres interglaciaires anciens. Replacés dans le contexte de cette étude, les résultats de la datation ^{14}C nous suggèrent que les échantillons analysés soient en limite de méthode. La palynologie permet de situer grossièrement la phase lacustre dans une période de fin d'interglaciaire/début de glaciation. Par la présence de kaolinite, l'analyse minéralogique démontre que la mise en place des sédiments lacustres s'est faite en période interglaciaire à climat tempéré. La vivianite trouvée à la base de la série lacustre confirme ce contexte climatique à production végétale importante et traduit le caractère eutrophique de ce lac d'âge interglaciaire (éemien ou plus ancien) dont nous avons répertorié quelques reliques.

La présence de nombreuses terrasses fluviales et lacustres surplombant le lac de Neuchâtel suggère un bassin de rétention de plus grande dimension que l'actuel lac de Neuchâtel. Le niveau minimal des eaux fixé à 500 m d'altitude permet d'esquisser une ressemblance avec le «Lac de Soleure» tardiglaciaire würmien que Favre proposa en 1883 (in Portmann 1974). Large d'une quinzaine de kilomètres et long d'une centaine de kilomètres, il se serait étendu du Mormont, à l'ouest de la plaine de l'Orbe jusqu'à Soleure et même plus loin. Dans la région soleuroise, ce bassin lacustre n'est pas fermé vers l'est. Il faut alors envisager d'autres formes de barrage: une moraine frontale abandonnée par un précédent glacier ou un accident du substrat molassique, érodé plus tard par une avancée glaciaire würmienne.

Ce travail a pu démontrer les possibilités pour la reconstitution paléoclimatique qu'offrent la sédimentologie et les analyses minéralogiques des dépôts glaciaires et interglaciaires. Par l'analyse des minéraux, notamment des argiles, nous avons pu démontrer le caractère climatique tempéré des dépôts deltaïques d'un paléodelta de l'Areuse. Nous avons également pu mettre en évidence la présence de loess anciens.

Remerciements

Tout ma reconnaissance va au Dr. A. Pugin pour son aide durant le travail de terrain, les nombreux conseils lors de l'étude, ainsi que sa collaboration lors de la rédaction et de la relecture du manuscrit.

Messieurs les Professeurs Schaer et Kübler sont chaleureusement remerciés pour leurs conseils et leurs encouragements lors de la première élaboration de ce travail qui a fait l'objet d'un travail de fin d'étude.

Nous tenons particulièrement à remercier Madame E. Bezat pour ses prélèvements et ses analyses palynologiques.

Les remerciements vont également à A. Schwalb, J. Meia, Géologue cantonal, T. Riesen de l'institut de Physique de Berne, et à tous les collaborateurs l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel.

BIBLIOGRAPHIE

- ADATTE, T. 1988: Étude sédimentologique, minéralogique, microplacéontologique et stratigraphique du Berriasien-Valanginien du Jura central. Thèse Univ. Neuchâtel.
- ADATTE, T., RENTZEL, P. & KÜBLER, B. 1991: Étude minéralogique et sédimentologique du remplissage karstique de la Grotte de Cotencher (Jura neuchâtelois, Suisse). *Ecolgae geol. Helv.* 84, 671-688.
- AUBERT, D. 1975: L'évolution du relief jurassien. *Ecolgae geol. Helv.* 68, 1-64.
- BALENZANO, F., DELL'ANNA, L. & PIERRO, M.D. 1974: Ricerche mineralogiche su aluni fosfati rinvenuti nelle Grotte di Castellana (Bari): Strengite alluminifera, Vivianite, Taranakite, Brushite et Idrossiapatite. *Soc. ital. Mineral. e Petrol.* 30, 543-573.
- BORRELLO, M.A., BROCHIER, J.L., CHAIX, L. & HADORN, P. 1986: Nature et environnement. In: Cortailod-Est, un village du Bronze final. *Arch. Neuchât.* 4.
- BROCERO, S. 1991: Influence des derniers cycles climatiques sur la sédimentation organique du Lac du Bouchet (Haute-Loire, France). *Mém. D.E.A., Univ. Orléans*, 24.
- CAMPY, M. & MACAIRE, J.J. 1989: Géologie des formations superficielles. Masson, Paris.
- CHAMLEY, H. 1971: Recherches sur la sédimentation argileuse en Méditerranée. *Sc. Géol. Mém.* 35, 209 pp.
- EYLES, N. 1983: *Glacial Geology. An Introduction for Engineers and Earth Scientists.* Pergamon Press, Toronto, 409 pp.
- FREI, E. 1925: Zur Geologie des südöstlichen Neuenburger Jura, insbesondere des Gebietes zwischen Gorges de l'Areuse und Gorges du Seyon. *Beitr. geol. Karte Schweiz, NF* 55, 1-98.
- FREI, E., MEIA, J., BECKER, F., BÜCHI, O., BUXDORF, R., RYNIKER, K. & SUTER, H. 1974: Feuille 67, Neuchâtel. *Atlas géol. Suisse. Commission Géologique Suisse.*
- GASSER, U. & NABHOLTZ, W. 1969: Zur Sedimentologie der Sandfraktion im Pleistozän des schweizerischen Mittellandes. *Ecolgae geol. Helv.* 62, 467-516.
- HADORN, P. 1994: Saint-Blaise/Bains des Dames, 1. Palynologie d'un site néolithique et histoire de la végétation des derniers 16000 ans. *Arch. Neuchât.* 18.
- JAYET, A. & PORTMANN, J.-P. 1960: Deux gisements interglaciaires nouveaux aux environs d'Yverdon (Canton de Vaud, Suisse). *Ecolgae geol. Helv.* 53, 640-645.
- 1966: Sur la présence de moraines rissiennes profondes dans le gisement quaternaire des Tuileries près d'Yverdon (Vaud, Suisse). *Ecolgae geol. Helv.* 59, 959-964.
- JEANNET, A. 1923: Les charbons feuilletés de Grandson (Vaud). *Matér. Géol. Suisse, Sér. géotech.* 8, 501-509.
- 1926: Un gisement interglaciaire à Cressier, Neuchâtel. *Ecolgae geol. Helv.* 19, 637-640.
- JORDI, H.A. 1996: Ältere glaziale und interglaziale Ablagerungen in der Gegend von Grandson und Les Tuileries. *Bull. Géol. appl.* 1, 145-168.
- KÜBLER, B. 1987: Cristallinité de l'illite, méthodes normalisées de mesures. *Cah. Inst. Univ. Neuchâtel, Sér. ADX* 2.
- KÜBLER, B., JANTSCHIK, R. & HUON, S. 1990: Minéralogie et granulométrie des poussières éoliennes dites «sahariennes» du 24 avril 1989 à Neuchâtel. Leur importance pour l'environnement, les sols et les sédiments. *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 113, 75-98.
- MEIA, J., PERSOZ, F. & SCHAEER, J.-P. 1971: Dépôts quaternaires et évolution récente de la région de Colombier (rive NW du lac de Neuchâtel). *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 94, 78-82.
- MONBARON, M. 1973: Étude roentgéographique d'une moraine de fond (Valangin/NE). *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 96, 123-134.
- MONNIER, F. 1982: Thermal diagenesis in the Swiss Molasse Basin: implications for oil generation. *Canad. J. Earth Sci.* 19, 328-342.
- MOULIN, B. 1991: La dynamique sédimentaire et lacustre durant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire. In: Hauterive-Champréveyres. *Arch. Neuchât.* 9, 142 pp.
- MÜLLER, R. 1973: Les niveaux des Lacs du Jura. Contribution aux recherches archéologiques de la 2e correction des eaux du Jura. *Éditions universitaires, Fribourg*, 149 pp.
- NRIAGU, J.O. & DELL, C.I. 1974: Diagenetic formation of iron phosphates in recent lake sediments. *Amer. Mineralogist* 59, 934-946.
- OINUMA, K., SHIMODA, S. & SUDO, T. 1972: Triangular diagrams for surveying chemical compositions of chlorites. *J. of the Tokio University* 15, 1-33.
- PAVONI, N. 1961: Faltung durch Horizontalverschiebung. *Ecolgae geol. Helv.* 54, 515-534.
- PERSOZ, F. & REMANE, J. 1976: Minéralogie et géochimie des formations à la limite Jurassique-Crétacé dans le Jura et le bassin Vocontien. *Ecolgae geol. Helv.* 69, 1-38.
- POCHON, M. 1973: Apport allochtone dans les sols jurassiens (Jura vaudois et Jura neuchâtelois). *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 96, 135-147.
- PORTMANN, J.-P. 1974: Pléistocène de la région de Neuchâtel (Suisse). I. Aperçu bibliographique. *Bull. Soc. neuchât. Géogr.* 54 (LIV), 69-90.
- PUGIN, A. & ROSETTI, S. 1992: Acquisition of land based high resolution seismic profiles in glacial basins, two case studies in the Alpine foreland of Switzerland. *Ecolgae geol. Helv.* 85, 491-502.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. 1986: *Depositional Sedimentary Environments.* Springer, Berlin, 551 pp.
- RENEVIER, E. 1894: Lignite interglaciaire découvert à Grandson par MM. Vautier et Gander. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.* 30, 28.
- REY, J.-P. & KÜBLER, B. 1983: Identification des micas des séries sédimentaires par diffraction X à partir de la série harmonique (OO1) des préparations orientées. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 63, 13-36.
- ROLLI, M. 1990: Dosage semi-quantitatif sur Scintag-Tm. Programme Basic sur MacIntosh. *Cah. Inst. géol. Univ. Neuchâtel, Sér. AX* 20.
- 1991: Essai de corrélation entre les données géotechniques, minéralogiques et granulométriques de sédiments quaternaires au bord du lac de Neuchâtel le long du tracé de la route nationale N5 entre St-Blaise et Monruz-Neuchâtel. *Trav. Dipl. Univ. Neuchâtel.*
- RUMLEY, G. & ADATTE, T. 1983: Méthode rapide de séparation des fractions 2 microns et 16 microns, pour analyses par diffraction X. *Cah. Inst. géol., Univ. Neuchâtel, série A.G.5.*
- SCHWALB, A. 1992: Die Sedimente des Lac de Neuchâtel (Schweiz): Rekonstruktion spät- und postglazialer Klima- und Umweltveränderungen. *Thèse Univ. Neuchâtel*, 138 pp.
- SITTLER, C. 1965: Le Paléogène des fossés rhénans et rhodaniens. *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine* 24.

- TURBERG P. 1987: Essai de caractérisation minéralogique et géochimique de sédiments postglaciaires en milieu lacustre, Hauterive-Champréveyres. Trav. dipl. Univ. Neuchâtel.
- VERNET, J.-P. 1963: Le Sidérolithique du Mormont. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 68, 313-331.
- WEBER, I. 1992: Étude géologique des sédiments quaternaires du Plateau de Bevaix (NE). Trav. lic. Univ. Neuchâtel, 158 pp.
- WELTEN, M. 1982: Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngerem Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Matér. Carte géol. Suisse, 156.
- 1988: Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). Matér. Carte géol. Suisse, 162, Bern.
- ZIMMERMAN, M.-A., KUBLER, B., FRAUTSCHI, J.-M., MONNIER, F., DERES, F. & MONBARON, H. 1976: Molasse d'eau douce inférieure du Plateau suisse-Subdivision par l'indice de détritisme. Essai de datations par nannofossiles. Bull. Centre Rech. Pau-SNPA 10, 585-625.

Manuscrit reçu le 14 novembre 1996

Révision acceptée le 14 août 1997

