

Les graviers de Bioley-Orjulaz (Vaud)

Autor(en): **Burri, Françoise / Burri, Marcel / Weidmann, Marc**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **70 (1968-1970)**

Heft 326

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-276247>

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.

Les graviers de Bioley-Orjulaz (Vaud) ¹

PAR

FRANÇOISE BURRI, MARCEL BURRI et MARC WEIDMANN

Institut et Musée de Géologie, Université, Lausanne

I. INTRODUCTION ET HISTORIQUE

La région de Bioley-Orjulaz est située à quelque 20 km au NNW de Lausanne, dans un paysage de collines morainiques partiellement boisées, typique du Gros-de-Vaud. La gravière de Bioley-Orjulaz s'ouvre dans une dépression qui se suit du S au N, du village de Bousens à la vallée du Talent ; cette dépression est flanquée, à l'E, d'une crête molassique méridienne, et, à l'W, d'une croupe, méridienne elle aussi, mais sans affleurement molassique : le Paradis. Moins d'un kilomètre à l'W du Paradis, jaillissent les sources dites de la Molomba, captées au cours du siècle dernier dans un affleurement de gravier.

Depuis longtemps, les relations éventuelles existant entre les graviers exploités et ceux de la Molomba ont retenu l'attention des géologues : MERMIER (1929), GAGNEBIN (1931), BERSIER (1953) formulèrent diverses hypothèses à ce sujet. La solution définitive de ce petit problème fut apportée tout récemment grâce à la prospection géophysique qui démontra la liaison entre les deux affleurements de gravier (MEYER DE STADELHOFEN et GONET, 1964). Ceci fut ensuite confirmé par une série de sondages mécaniques et par une étude géologique et hydrologique détaillée.

L'ensemble de ces travaux a été ordonné par l'Etat de Vaud (Département des travaux publics, Service des routes), propriétaire de la gravière, dans le but d'étendre l'exploitation sans porter atteinte à la nappe phréatique captée à la Molomba. Nous remercions le département sus-nommé qui nous a autorisés à publier les résultats ainsi acquis. Nos remerciements s'adressent également à MM. les professeurs H. BADOUX, A. BERSIER et E. POLDINI, responsables de ces travaux de recherche, ainsi qu'à M. P. BAUDET, exploitant de la gravière, dont l'accueil et la compréhension nous furent très précieux.

II. ETUDE GÉOLOGIQUE

Cette étude est basée sur les observations faites d'une part dans les sondages et d'autre part aux fronts de taille successifs de l'exploitation ; nous ne donnerons ici qu'un résumé synthétique de ces observations,

¹ Publié avec l'aide généreuse de M. P. Baudet, entrepreneur, Biolay-Orjulaz.

illustré par une carte et un profil géologiques et par une carte du paléorelief molassique (fig. 1, 2 et 3).

A. Stratigraphie

1. *Molasse*

Il s'agit de grès gris verdâtre et de marnes bigarrées compactes, à pendage subhorizontal. A l'affleurement comme dans les sondages, cette molasse est altérée sur quelques décimètres. Elle est attribuée au Chatien par BERSIER (1953). En plus des affleurements notés sur la carte (fig. 1), elle a été rencontrée dans la plupart des sondages et mise au jour temporairement par les travaux des nouveaux captages entrepris à la Molomba en 1966.

2. *Moraine inférieure*

Elle n'est représentée que par un placage sporadique et peu épais (0 à 3 m) de moraine de fond très argileuse, à rares blocs émoussés et striés. Seuls quelques sondages l'ont rencontrée ; elle était bien visible dans les travaux de captage de la Molomba.

3. *Graviers*

Du haut en bas de la couche exploitée, épaisse de 20 à 40 m, les graviers montrent une grande monotonie, rompue par un seul niveau très constant d'argile limoneuse jaune de 50 à 100 cm. Ce niveau est bien visible dans le front de taille, à mi-hauteur de la couche de gravier, et il a été retrouvé dans quelques sondages.

Les caractéristiques de la couche de gravier sont celles d'un dépôt fluviatile : couches horizontales, extension latérale faible, stratifications obliques fréquentes et à petite échelle, galets imbriqués et orientés dans le sens du courant. D'anciens chenaux d'érosion sont visibles temporairement au front de taille, dans la partie amont du sillon : larges de quelque 10 m, ils sont comblés de graviers dont les couches épousent la forme en auge du chenal. Le granoclassement est normal, la fraction argileuse très peu représentée ; les couches argileuses qui ont pu se déposer ont été érodées et ont donné naissance à des galets mous souvent associés aux graviers.

Dans l'exploitation, comme dans quelques forages, on note la présence de graviers cimentés, surtout au toit de la formation ; cette cimentation est peu avancée et provient de la circulation d'eaux calcaires.

Notons la présence, dans un sondage situé sur l'axe du sillon, de 6 m d'argiles tourbeuses à la base de la formation graveleuse ; probablement remaniées et oxydées, elles n'ont pas livré de pollen.

Les graviers montrent également une grande monotonie quant à leur composition pétrographique. Des statistiques portant sur près de

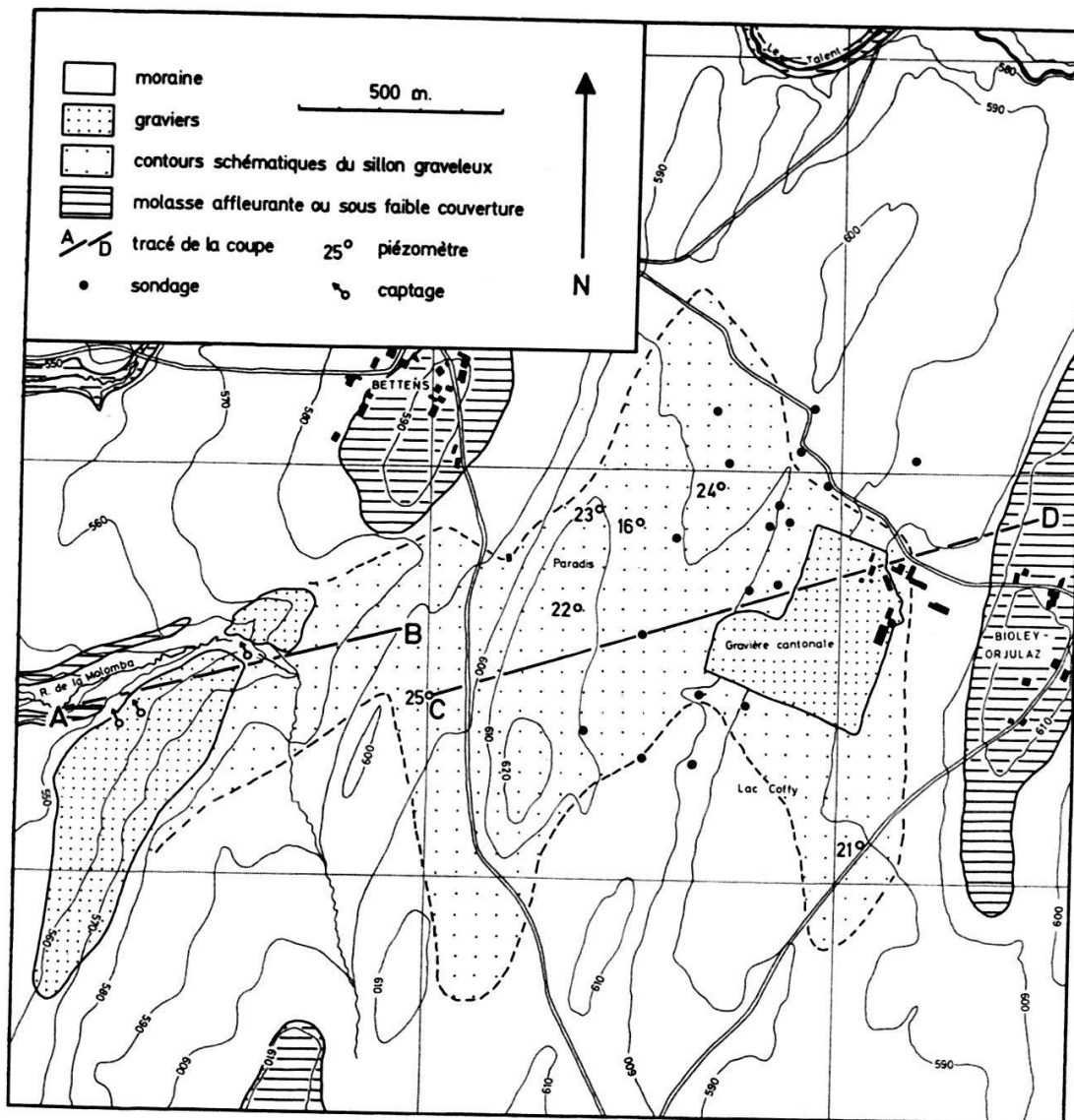


Fig. 1. — Carte géologique schématique de la région Bioley-Orjulaz-Molomba.

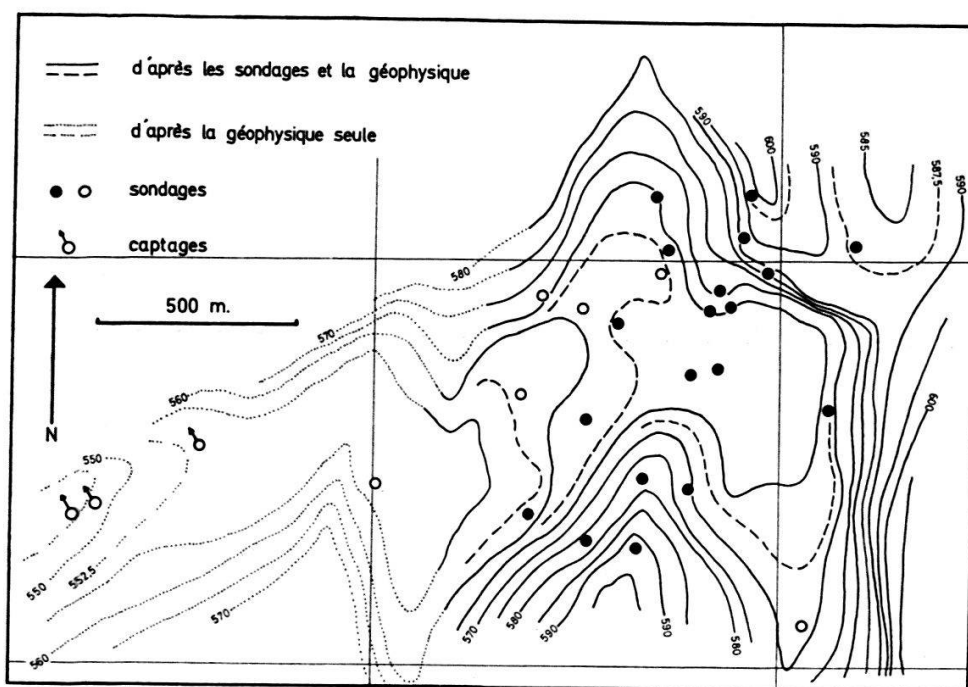


Fig. 2. — Carte topographique du toit de la molasse; comparer avec la topographie de la surface dessinée sur la figure 1.

1000 galets pris au hasard et de toutes tailles ont montré qu'il n'y avait pas de différence systématique entre la base, le milieu et le toit de la formation graveleuse. La moyenne donne une proportion de 39,1 % de matériel d'origine cristalline (granite, gneiss, serpentine, etc.) et de 60,9 % de matériel d'origine sédimentaire (calcaire, grès, conglomérat, quartzite, etc.). L'écart maximum entre les divers comptages n'est que de 7 %. A cause de cette homogénéité, nous ne reproduisons pas ici le détail des chiffres obtenus.

Comme c'est la règle dans un dépôt fluviatile, la granulométrie des couches successives est très variable : des lits ou des lentilles de sable, de graviers fins ou grossiers (jusqu'à plusieurs décimètres de diamètre) alternent irrégulièrement du bas au sommet de la couche exploitée. Il ne semble pas y avoir de différence globale susceptible d'une interprétation géologique.

Une série de statistiques portant sur l'indice d'éroulé des galets ont été faites selon la méthode rapide décrite par JAYET (1957). Les courbes obtenues dans différents niveaux de gravier sont toujours très semblables ; elles montrent toutes des maxima dans les catégories II et III (respectivement galets anguleux à arêtes émoussées et galets à faces encore visibles et séparées par des arêtes très arrondies) ; la proportion des galets de la catégorie V (galets parfaitement arrondis, sans face visible) est en moyenne plus faible que celle de la catégorie I (galets anguleux à arêtes nettes). L'allure générale des courbes est identique à celles obtenues dans des sédiments fluvio-glaciaires bien connus de la région de Renens ou de Genève.

Des échantillons d'argile limoneuse ou sableuse ont été prélevés à différents niveaux dans les sondages et au front de taille, afin d'en examiner le contenu palynologique. Malheureusement un seul échantillon, provenant du niveau d'argile limoneuse jaune, s'est révélé assez riche pour permettre un comptage. Les pollens d'arbres présents sont ceux de *Pinus*, *Betula* et *Alnus*, le reste de l'assemblage comprenant une grande abondance de plantes herbacées et de *Juniperus*. Ce spectre indique un climat subarctique, avec une large prédominance de la steppe sur la forêt de bouleaux et de pins. Quelques pollens de plantes aquatiques montrent que la sédimentation s'est faite dans un lac ou dans le méandre calme d'une rivière, ce que confirme, par ailleurs, la lithologie.

Signalons en outre que la formation graveleuse ne nous a nulle part fourni de faune malacologique, ceci malgré de longues recherches.

Les graviers de Bioley-Orjulaz sont signalés depuis longtemps pour leur richesse en fossiles de vertébrés (GAGNEBIN, 1935 et 1941 ; BERSIER, 1953). Nous donnons ci-dessous une liste aussi complète que possible de tous les fossiles trouvés dans les graviers, liste basée sur les collections du Musée géologique de Lausanne. Comme on peut le constater, la plupart des découvertes se situent au début du siècle, à une époque où

l'exploitation se faisait à la pelle et à la pioche ; au cours des dernières décennies, les trouvailles se sont faites beaucoup plus rares proportionnellement à l'énorme volume de gravier exploité ; ce fait est dû à l'emploi généralisé de puissants moyens mécaniques d'extraction ¹.

Elephas primigenius (mammouth)

- gravière de Bioley-Orjulaz, trouvé en 1920, fragment d'os long
- idem, 1908, molaire
- idem, 1960, une grande défense brisée en mille morceaux
- idem, 1966, une grande défense de 2 m de long, accidentellement broyée par la pelle mécanique
- captage de la Molomba, 1906, petit fragment de défense
- ancienne gravière, près des captages de la Molomba, 1899, molaire.

Rhinoceros tichorhinus (rhinocéros laineux)

- gravière de Bioley-Orjulaz, 1920, molaire inférieure gauche.

Bos primigenius (aurochs)

- gravière de Bioley-Orjulaz, 1904, fragment d'humérus droit
- idem, 1900, fragment de fémur.

Rangifer tarandus (cerf)

- gravière de Bioley-Orjulaz, 1900, fragment de bois
- idem, 1963, fragment de tibia.

Equus caballus ssp. ind. (cheval)

- gravière de Bioley-Orjulaz, 1965, métatarse droit.

4. Moraine supérieure

C'est une moraine de fond sous le faciès habituel d'argiles à blocs. Comme le montre la coupe (fig. 3), son épaisseur est très variable.

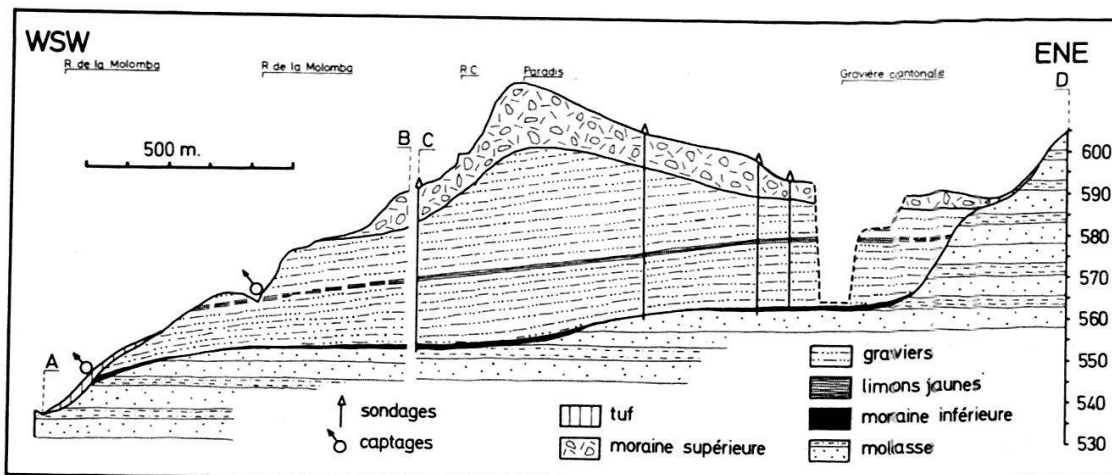


Fig. 3. — Coupe géologique schématique. Hauteurs fortement exagérées.
Le tracé de cette coupe est donné sur la figure 1.

¹ A ce propos, nous désirons relever l'attitude de M. P. BAUDET, exploitant de la gravière ; il a su en effet rendre son personnel attentif à la découverte de fossiles et n'a pas manqué de nous avertir dans chaque cas. Le Musée de Géologie l'en remercie très vivement et souhaite que son exemple soit imité !

Généralement inférieure à 10 m, elle dépasse 20 m sous la colline du Paradis, dont l'origine a été discutée : drumlin, crête morainique ou butte molassique (BIÉLER, 1901, BERSIER, 1942). La moraine est ici beaucoup plus sableuse et graveleuse ; elle présente localement une stratification grossière et irrégulière. Sa composition pétrographique est identique à celle des graviers, avec 38,8 % de galets cristallins et 61,2 % de galets sédimentaires. En revanche, les galets y sont beaucoup moins usés et les courbes de l'indice d'émoussé donnent un maximum dans les catégories I et II.

5. Formations récentes

Le sol recouvrant la moraine dans la dépression où est ouverte la gravière est particulièrement tourbeux ; un marais, récemment drainé, s'étendait au lieu-dit Lac Coffy. Une analyse pollinique a été faite à la base de ces formations tourbeuses et a montré la présence d'une association typiquement tardiglaciaire (*Pinus-Betula* et une forte proportion de plantes herbacées). Sous l'emplacement du Lac Coffy, des circulations d'eau provenant du marais ont provoqué la précipitation, dans la moraine supérieure et les graviers sous-jacents, d'hydroxydes de fer en petits lits et enduits rouges ou noirs.

Signalons la découverte, au front de taille, en 1963, d'un squelette humain incomplet, enterré dans une fosse non dallée, à 2 m de profondeur sous la surface actuelle du sol cultivé ; il n'y avait pas de mobilier funéraire. L'inhumation remonte vraisemblablement au haut Moyen Age (Professeur M. R. SAUTER, Genève, lettre du 19.11.65.)

Aux sources de la Molomba, les eaux issues des graviers ont déposé des tufs épais de plus de 3 m. Les récents travaux de captage les ont temporairement bien dégagés, ce qui a facilité l'échantillonnage et l'étude de leur faune malacologique. Quatre échantillons ont été prélevés à trois niveaux différents :

- E₁ et E₂ proviennent de la base de la couche ; le tuf y est terreux, pulvérulent et le lavage de 10 kg de ce matériel a fourni, dans chaque cas, un peu plus de 1000 individus.
- L'échantillon T₁ provient du sommet de la couche où le tuf est très induré ; il fallut collecter les coquilles dans une mince zone d'altération, directement sur le terrain : il y a seulement 158 individus déterminés et les formes de petite taille sont généralement négligées.
- Le dernier échantillon, T₂, provient du sol forestier actuel, par lavage : 1053 individus.

Voici, en pour-cent, la répartition de chaque espèce dans les différents échantillons :

	E ₁	E ₂	T ₁	T ₂	Répartition
<i>Helix pomatia</i> (L.)	—	—	10,1	0,37	méridion.
<i>Cepaea hortensis</i> (MÜLL.) . . .	0,18	—	3,7	—	nord.
<i>Helicodonta obvoluta</i> (MÜLL.) .	1,0	2,6	2,5	—	alpine
<i>Isognomostoma isognomostoma</i> (SCHRÖTER)	0,8	1,3	3,1	—	alp. orient.
<i>Trichia edentula</i> (DRAP.)	0,7	0,7	1,2	—	alpine
<i>Trichia hispida</i> var. <i>sericea</i> (MÜLL.)	—	1,4	10,1	3,8	europ.
<i>Monachoides incarnata</i> (MÜLL.) .	—	—	1,2	0,18	alpine
<i>Helicella ericetorum</i> (MÜLL.) . .	—	—	23,4	2,5	aust.-occid.
<i>Retinella radiatula</i> (ALD.) . . .	0,09	0,09	—	—	europ.
<i>Retinella nitidula</i> var. <i>nitens</i> (MICH.)	6,4	15,4	15,1	5,3	europ.
<i>Vitrea crystallina</i> (MÜLL.)	8,3	8,9	0,6	—	europ.
<i>Discus rotundatus</i> (MÜLL.)	36,5	23,1	10,1	7,6	europ.
<i>Punctum pygmaeum</i> (MÜLL.)	—	—	—	0,8	europ.
<i>Eulota fruticum</i> (MÜLL.)	—	débris	—	—	orient.
<i>Cochlodina laminata</i> (MONT.) . . .	0,6	0,8	1,8	0,9	europ.
<i>Iphigena ventricosa</i> (DRAP.) . . .	0,5	0,9	0,6	0,09	orient.
<i>Iphigena lineolata</i> (HELD)	0,09	1,3	—	—	alpine
<i>Cecilioides acicula</i> (MÜLL.)	—	0,18	—	0,37	
<i>Cochlicopa lubrica</i> (MÜLL.)	1,4	3,3	—	1,04	europ.
<i>Ena montana</i> (DRAP.)	—	0,4	0,6	0,09	alpine
<i>Ena obscura</i> (MÜLL.)	—	—	0,6	1,04	europ.
<i>Vallonia pulchella</i> (MÜLL.)	—	0,3	—	2,3	europ.
<i>Achantinula aculeata</i> (MÜLL.) . . .	2,0	3,3	—	5,03	europ.
<i>Vertigo pusilla</i> (MÜLL.)	0,18	0,2	—	—	europ.
<i>Columella edentula</i> (DRAP.)	0,4	—	—	—	europ.
<i>Pupilla muscorum</i> (L.)	—	—	—	1,7	europ.
<i>Orcula (Sphyradium) doliolum</i> (BRUG.)	0,5	2,1	0,6	2,6	aust.-orient.
<i>Oxyloma elegans</i> (RISSO)	0,3	0,4	0,6	0,18	europ.
<i>Carychium tridentatum</i> (RISSO) . .	3,6	0,18	—	—	mérid.
<i>Lymnaea (Radix) peregra</i> (MÜLL.)	—	—	0,6	—	europ.
<i>Lymnaea (Galba) truncatula</i> (MÜLL.)	0,6	0,9	—	0,09	europ.
<i>Acme (Platyla) polita</i> (HART.) . . .	2,2	0,3	—	0,18	nord.-orient.
<i>Acme (Pupula) lineata</i> (DRAP.) . .	—	3,4	—	1,3	occid.
<i>Cochlostoma septemspirale</i> (RAZ.) .	—	0,18	12,6	51,1	alp.-mérid.
<i>Valvata (Cincinna) piscinalis</i> (MÜLL.)	0,18	—	—	—	europ.
<i>Planorbis (Gyraulus) laevis</i> (ALD.)	0,4	—	—	—	europ.
<i>Pisidium nitidum</i> (JEN.)	0,6	—	—	—	europ.
<i>Pisidium casertanum</i> (POLI)	0,18	—	—	—	europ.
Jeunes indéterminables	32,0	26,9	—	10,6	

De cet assemblage, on peut tirer les considérations suivantes :

- Toutes les espèces appartiennent à des formes récentes et la plupart d'entre elles montrent une préférence pour les lieux frais et humides.
- Le niveau le plus profond (E_1 et E_2) est pauvre en espèces méridionales, austro-occidentales et occidentales. En revanche, les espèces alpines, nordiques, nordiques-orientales et orientales sont bien représentées. Notons également la présence d'une espèce européenne maintenant rarissime, *Vertigo pusilla*.
- Dans le niveau T_1 apparaissent massivement deux espèces : l'une méridionale, *H. pomatia*, l'autre, austro-occidentale, *H. ericetorum*, tandis qu'une troisième, alpine-orientale, s'affirme : *C. septemspirale*.
- La faune actuelle, par rapport aux deux précédentes, montre une diminution nette des espèces alpines, la disparition des formes nordiques, alors que les austro-occidentales s'affirment.

En comparant les caractéristiques de ces faunes avec les observations de FAVRE (1927) sur le contenu des différents gisements de tuf post-glaciaire du bassin de Genève, on est frappé par deux faits :

- La parenté très nette entre la faune de notre niveau profond et celle des couches à *Goniodiscus ruderatus* ; sur 9 espèces dominantes et caractéristiques de ce niveau, 6 se retrouvent ici et certaines fortement représentées : *D. rotundatus* 59,6 %, *R. nitidula* 21,8 %. Bien que nous n'ayons pas retrouvé *G. ruderatus* lui-même, cette couche aurait pu se déposer pendant la période boréale (7000-5600 av. J.-C.).
- Il existe également une grande parenté entre notre échantillon T_1 et les faunes qui succèdent aux couches à *G. ruderatus* du bassin genevois. Les *H. pomatia* trouvés dans cet échantillon montrent, par rapport aux formes actuelles, un test épais, un dernier tour plus large, une ouverture plus grande, témoins d'un climat plus chaud. FAVRE attribuait un « âge » atlantique à ces populations ; or on sait que, pendant cette période qui va de 5600 à 2500 av. J.-C., le climat était d'environ 2,5°C supérieur à la température actuelle.

Si ces attributions d'âge restent hypothétiques, il est certain que des modifications climatiques se sont produites au cours de la formation de cette couche de tuf. Grâce à ces modifications, des espèces méridionales ont pu s'établir.

B. Origine et âge des formations

Le canyon taillé dans les couches subhorizontales de la molasse a un fond plat, des berges redressées, distantes de 300 à 500 m. La carte fait bien ressortir son tracé sinueux et la position probable d'affluents

(fig. 2). Les cotes du fond molassique s'abaissent régulièrement de la région du Lac Coffy vers les sources de la Molomba avec une pente moyenne de 7,1 ‰. On ignore tout de l'âge et du mode de formation de ce tronçon de vallée : cours d'eau sous-glaciaire ou rivière coulant sur un pays libre de glace. Suivant l'hypothèse envisagée, la moraine de fond qui tapisse le fond du canyon est contemporaine de son creusement ou date d'une nouvelle invasion glaciaire.

La présence locale d'argile tourbeuse à la base de la formation graveleuse remplissant ce sillon montre qu'un certain laps de temps s'est écoulé entre le dépôt de la moraine inférieure et celui des graviers. Ces derniers pourraient avoir trois origines : purement fluviales, fluvio-glaciaires, sous-glaciaires. Les observations montrent qu'il s'agit ici d'une formation fluvio-glaciaire :

- La pétrographie des graviers est identique à celle de la moraine susjacente, qui est une moraine rhodanienne typique.
- L'indice d'éroulé des galets est celui d'un dépôt fluvio-glaciaire, caractérisé par un transport sur une courte distance : l'usure est faible.
- L'ensemble des caractères sédimentologiques est très variable d'une couche à l'autre : stratification, granulométrie et orientation des galets changent rapidement. On peut imaginer que le front du glacier n'était pas très éloigné. Le régime des eaux qui en étaient issues était soumis à de fortes fluctuations ; aux eaux de fonte habituelles s'ajoutaient des débâcles brutales dues à des ruptures de poches intraglaciaires ou à la vidange de lacs périglaciaires. Le niveau d'argiles jaunes qui divise en deux la formation graveleuse correspond à une période où la compétence de la rivière était particulièrement faible.
- L'absence de faune malacologique serait anormale dans le cas d'un dépôt fluvial.

L'étude de la faune et de la flore indique que le climat était subarctique. De telles conditions se sont reproduites au cours de nombreux interstades de la dernière glaciation, alors que, pendant le dernier interglaciaire, le climat était probablement plus clément que de nos jours. Cette étude ne donne donc pas de renseignement sur l'âge précis des graviers.

Les nombreux dépôts de graviers visibles entre deux moraines dans la région lémanique ont généralement été attribués à l'interglaciaire Riss-Würm (GAGNEBIN, 1937). Les nouvelles révisions du Quaternaire de la Dranse du Chablais ont montré que la stratigraphie était beaucoup plus complexe (BURRI, 1963 ; BRUN, 1966) ; des datations au C_{14} ont

démontré que les plus anciennes formations graveleuses de la Dranse ne remontent pas à plus de 23 000 ans et qu'elles appartiennent à un interstade récent de la toute dernière glaciation : le Würm (BLAVOUX et BRUN, 1966).

Il est très probable que les graviers du Plateau vaudois, et ceux de Bioley-Orjulaz en particulier, se rattachent également à un interstade et que notre moraine supérieure date du dernier stade würmien ayant recouvert le Plateau vaudois.

III. ETUDE HYDROLOGIQUE

A. Description du bassin

Le bassin d'alimentation des sources de la Molomba s'étend sur 3,8 km² environ. Ce territoire est recouvert en grande partie de prairies et de cultures, avec quelques forêts sur le quart de sa superficie.

Parmi les nombreux puits forés, seuls furent équipés de tubes piézométriques ceux qui se trouvaient dans le voisinage de l'axe du chenal graveleux : d'amont en aval, les puits n^{os} 21, 24, 16, 22, 25. Le puits n^o 23 ne se trouve pas sur cet axe (fig. 1 et 2). Les niveaux d'eau ont été relevés tous les quinze jours. Les résultats fournis par le piézomètre n^o 21 n'ont pas été reportés sur la figure 4, parce que les pompages dus à l'exploitation de la gravière toute proche y perturbaient sensiblement le niveau naturel de la nappe phréatique.

La surface hydrodynamique de la nappe phréatique présente une pente moyenne de 5 ‰, descendant régulièrement de la gravière vers les captages de la Molomba ; c'est une pente tout à fait normale pour une nappe d'alluvions. En outre, l'épaisseur de la nappe augmente de l'amont vers l'aval ; en voici quelques caractéristiques :

Puits	Cote niveau imperméable	Cote minimum de la nappe	Cote maximum de la nappe	Variations	Epaisseur maximum
24	563,27	566,80	567,94	1,14	4,67
16	561,19	565,64	566,80	1,16	5,61
22	560,00	564,55	565,72	1,17	5,72
25	555,20	562,10	562,98	0,88	7,78

Cette nappe alimente les sources de la Molomba, dont les captages datent du siècle dernier et sont répartis en deux groupes principaux (voir la carte de la fig. 1) ; les conditions de jaugeage de ces captages sont excellentes, mais il faut noter cependant qu'une partie des eaux de

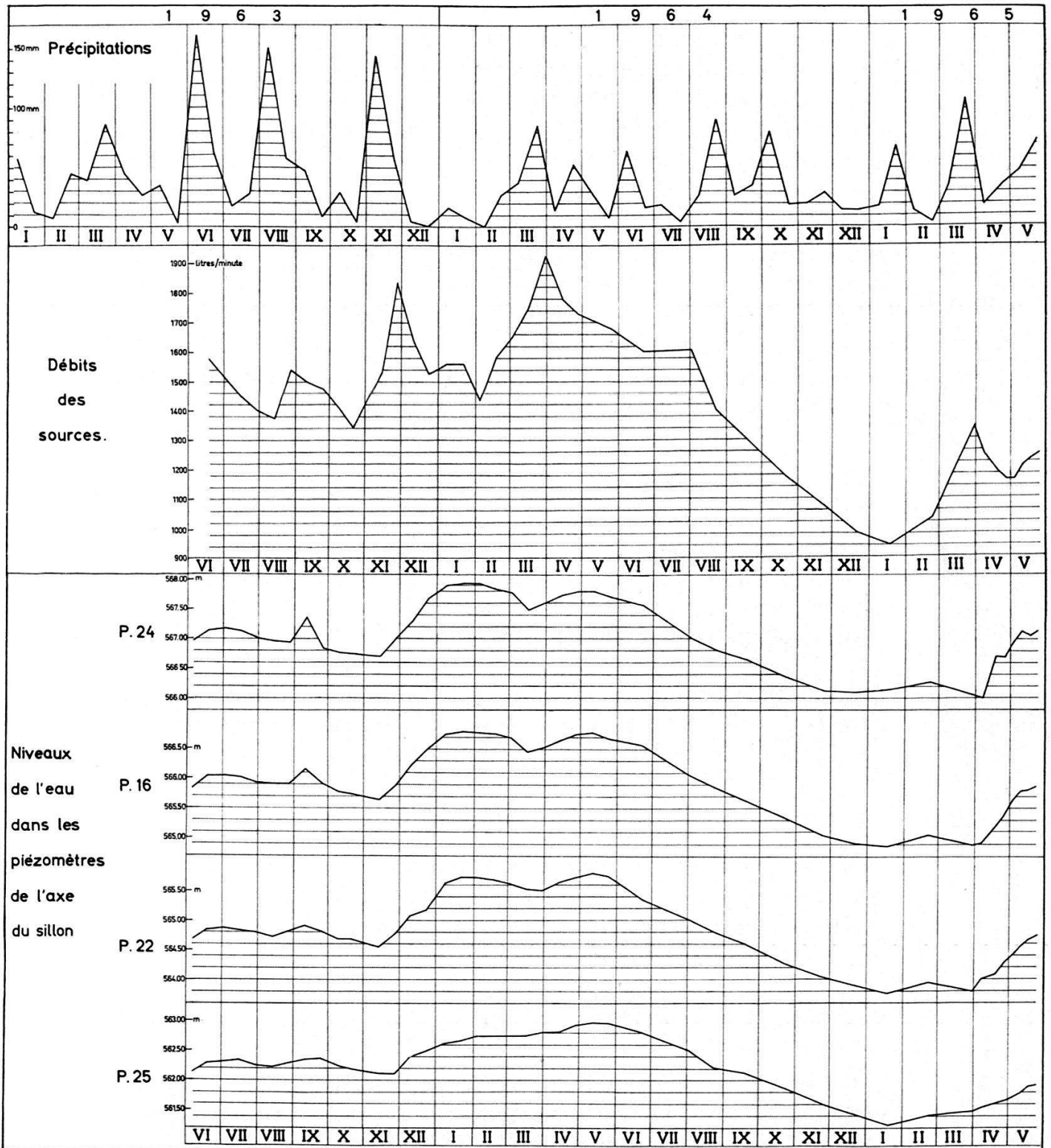


Fig. 4. — Précipitations, débits et variations des niveaux piézométriques.

la nappe phréatique leur échappe et alimente directement le ruisseau de la Molomba, lequel n'est malheureusement pas équipé pour un jaugeage satisfaisant de son débit. Au cours de l'année 1965, de nouveaux travaux ont nettement amélioré la qualité des captages ; les débits mesurés après leur achèvement n'étant plus comparables, nous ne présentons ici que les résultats antérieurs aux travaux.

La coupe géologique de la figure 3 montre que le captage amont est probablement alimenté par une petite nappe indépendante déterminée par le niveau de limons jaunes. Il n'en est pas tenu compte dans les graphiques de la figure 4, cette nappe n'ayant pas été repérée lors du fonçage des puits, ni mesurée par la suite dans les piézomètres. Son existence semble cependant bien confirmée par les températures mesurées au griffon de la source qui varient d'environ 2°C autour d'une moyenne de 10°C, alors que les variations sont plus faibles (1°C) et la température moyenne plus basse dans les sources aval (9,5°C).

Les fréquentes analyses bactériologiques de contrôle montrent que les eaux sont d'excellente qualité à ce point de vue. Nous devons à M. MICHEL PETCH une analyse chimique (avril 1967) :

pH à 25°C		7,55
conductivité (mhos cm 10 ⁻⁶ à 25°C)		535
alcalinité (mg/l)		204,0
dureté totale (°F)		28,95
dureté passagère (°F)		23,70
dureté permanente (°F)		5,25
Ca ⁺⁺	74,5 mg/l	3,73 m.é./l
Mg ⁺⁺	25,1 »	2,06 »
Cl ⁻	12,1 »	0,34 »
SO ₄ ⁻	21,8 »	0,45 »
CO ₂ libre	13,2 »	
CO ₂ combiné	282 »	4,62 »

Selon l'auteur de l'analyse, que nous remercions vivement pour son amicale collaboration, ces résultats sont caractéristiques des eaux de graviers, très différentes des eaux d'origine molassique, dont nous pouvons donc exclure la présence ici.

B. Essai de bilan de la nappe

Il n'existe pas de pluviomètre sur le bassin d'alimentation même. La comparaison entre les trois pluviomètres les plus voisins (Lausanne, Cossonay et Echallens) montre que les variations sont extrêmement faibles de l'un à l'autre. Aussi ne reproduisons-nous (courbe supérieure de la fig. 4) que les données du pluviomètre d'Echallens, cumulées de quinze jours en quinze jours.

Comme nous établissons le bilan sur la période qui s'étend de juin 1963 à mai 1964, il faut tenir compte des précipitations survenues dès mai 1963 et jusqu'en avril 1964, ceci à cause du laps de temps que l'eau met, en moyenne, pour s'infiltrer et gagner la nappe. Compte tenu de ce facteur, on constate qu'il est tombé 1044 mm d'eau au cours de notre « année hydrologique ».

Le débit moyen des sources pour la période considérée est de 1580 l/min. ou 0,0263 m³/sec. ; ce chiffre est comparable aux 1500-1700 l/min. mesurés par GAGNEBIN (1931) ; en trente ans, le débit des sources n'a donc pas varié.

Le débit, rapporté à la surface du bassin, représente une infiltration de 218,6 mm d'eau par année. On peut estimer à 15 l/min. la quantité d'eau que la nappe déverse directement dans le ruisseau de la Molomba, ce qui représente environ le $\frac{1}{100}$ du débit des sources ; il faut donc ajouter 2,2 mm à la colonne d'eau infiltrée dans les graviers. Les graphiques des niveaux piézométriques montrent qu'au cours de l'« année hydrologique », la surface de la nappe s'est élevée en moyenne de 60 cm dans l'axe du sillon ; compte tenu d'une porosité de 20 % dans les graviers, ceci représente une mise en réserve (« solde actif du bilan ») de 120 mm d'eau pour une surface de 0,8 km² (superficie estimée de la nappe phréatique) ; rapportée à la surface du bassin, cette tranche d'eau nous donne 25 mm, qu'il faut également ajouter à la colonne d'eau infiltrée.

L'infiltration totale est donc de 245,5 mm ou 23,3 % des précipitations. Comme nous ne disposons pas de données sur la valeur réelle du ruissellement (petits ruisseaux et surtout drainages), nous ne pouvons qu'en donner un ordre de grandeur en soustrayant des précipitations la somme de l'infiltration et de l'évapotranspiration calculée grâce à la formule de L. TURC. Celle-ci tient compte de la hauteur des précipitations annuelles (1044 mm) et de la température annuelle moyenne (estimée à 9°C). L'évapotranspiration réelle se monterait à 490 mm d'eau ou 47 % des précipitations, ce qui laisse pour le ruissellement 308 mm ou 29,7 % des précipitations. J. LUGEON (1928) donne pour les prairies du Plateau vaudois une évapotranspiration de 450 mm/an ; nos chiffres correspondent donc bien à ces valeurs connues.

Au cours de l'année suivante (juin 1964 à mai 1965), les mesures montrent que le bilan de la nappe accuse un « solde passif » correspondant à 30 mm de précipitations. Ces dernières furent très faibles (788 mm) ; compte tenu de la vidange de la nappe mise en évidence par ce « solde passif », l'infiltration ne représente que le 17,5 % des précipitations. Le calcul montre que l'évapotranspiration se monte à 59 % et le ruissellement à 23,5 %.

Ces chiffres doivent être considérés comme des ordres de grandeur.

C. Régime de la nappe

La comparaison des courbes des précipitations, des débits et des niveaux piézométriques permet les constatations suivantes :

- 1) Les très fortes précipitations de l'été 1963 correspondent à une augmentation sensible du débit des sources et à une élévation du niveau de la nappe ; la couverture végétale n'a pas pu empêcher l'infiltration.
- 2) Les très fortes précipitations de novembre 1963 produisent une spectaculaire augmentation du débit et du niveau de la nappe ; les champs fraîchement labourés, le ralentissement de l'activité végétale et l'humidité de l'air ont considérablement réduit le ruissellement et l'évapotranspiration, d'où une très forte infiltration. La même observation fut faite en novembre 1967.
- 3) En mars 1964, le dégel du sol et la fonte des neiges causent à nouveau une augmentation des débits et une élévation du niveau de la nappe. Ce phénomène s'est répété en 1965, 1966 et 1967.
- 4) Les pluies régulières de l'été 1964 ont tout juste satisfait aux besoins de la végétation en pleine activité et aucune infiltration sensible ne s'est produite.
- 5) L'automne et l'hiver 1964 ont été secs et froids et le sol précocement gelé a stoppé toute infiltration, ce qui explique l'importante vidange de la nappe entre avril 1964 et janvier 1965, ainsi que le « solde passif » du bilan de cette année-là.

Comme on pouvait s'y attendre, ce sont les conditions météorologiques, très variables d'une année à l'autre, qui dictent le régime de la nappe phréatique. Et cela explique qu'au cours d'un même mois, la nappe soit à son maximum (janvier 1964) ou à son minimum (janvier 1965).

D. Mécanisme de la nappe

Aux fortes précipitations (août et novembre 1963, mars 1964, mars 1965) correspondent, après un délai de quinze jours, de fortes augmentations des débits des sources et, après un retard d'environ 45 jours en moyenne, une montée des niveaux piézométriques.

On peut expliquer ces observations de la manière suivante : la couverture morainique étant faible ou nulle dans la partie inférieure du sillon graveleux, juste en amont des captages, deux semaines suffisent aux eaux infiltrées pour atteindre les sources et augmenter les débits. Plus en amont, la couverture morainique devient très épaisse (une dizaine de mètres en moyenne) et l'eau mettra plus d'un mois pour atteindre le fond du sillon. L'élévation synchrone du niveau de la nappe dans tous les piézomètres montre que la moraine est partout perméable.

Arrivées sur le niveau imperméable (moraine inférieure ou molasse), les eaux coulent lentement vers les sources ; il s'y ajoute en chaque point les eaux d'infiltration, si bien que la tranche d'eau devient plus épaisse vers l'aval. Quant à la diminution d'amplitude des fluctuations du niveau hydrodynamique, visible au piézomètre n° 25, elle est probablement due à l'élargissement du fond du sillon.

On ne peut donner de la perméabilité et de la vitesse réelle d'écoulement dans un milieu aussi hétérogène que les graviers de Bioley-Orjulaz que des valeurs moyennes et approchées. Nous devons à M. le professeur H. BADOUX (BADOUX, BERSIER et POLDINI, 1965) le calcul de la perméabilité :

$$K = 104 \text{ m/j. ou } 0,12 \text{ millidarcy,}$$

ce qui donne une vitesse réelle d'écoulement de :

$$V = 2,6 \text{ m/j.}$$

Il s'agit là d'une vitesse moyenne, variant selon la pente de la nappe entre 2,1 et 2,9 m/j. C'est une vitesse normale pour une pente de 5 ‰ ; CASTANY (1962) donne pour des graviers sableux une vitesse de 1 m/j. et pour des graviers moyens 3,8 m/j. Des valeurs comparables sont citées par BOGOMOLOV (1965). L'eau souterraine met donc environ dix-huit mois pour se rendre de la gravière aux captages de la Molomba. L'échec des colorations à la fluorescéine tentées par E. GAGNEBIN en 1930 s'explique dès lors aisément, puisque les sources n'avaient été surveillées que pendant trois semaines.

IV. CONCLUSIONS

Il est remarquable que la présence de ce sillon taillé dans la molasse et rempli de graviers permette à un bassin versant de 3,8 km² seulement d'alimenter des sources importantes fournissant une eau d'excellente qualité.

D'autres sillons semblables sont connus sur le Plateau vaudois (MEYER DE STADELHOFEN et GONET, 1964). Tout porte à croire qu'il en existe encore, actuellement inconnus, qu'une prospection systématique permettra de répertorier ; l'exploitation de leurs eaux est urgente et indispensable... si toutefois ces dernières ne sont pas déjà polluées.

BIBLIOGRAPHIE

- BADOUX, H., BERSIER, A. et POLDINI, E. 1965 — Rapport inédit.
 BERSIER, A. 1942. — L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau Vaudois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 62, 258, 135-158.
 — 1953. — Feuille Jorat, avec notice explicative. Atlas géol. Suisse, *Comm. géol. suisse*.

- BIÉLER, T. 1901. — Etude préliminaire sur le modelé glaciaire et le paysage drumlinique dans la plaine vaudoise. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 37, 139, 213-220.
- BLAVOUX, B. et BRUN, A. 1966. — Nouvelles données sur les terrains quaternaires de la région lémanique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 262, 2569-2572.
- BOGOMOLOV, G. 1965. — Hydrogéologie et notions de géologie de l'ingénieur. *Editions de la Paix*, Moscou, 1-278.
- BRUN, A. 1966. — Révision de la stratigraphie des dépôts quaternaires dans la basse vallée de la Dranse (Haute-Savoie). *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, 8, 5, 399-404.
- BURRI, M. 1963. — Le Quaternaire des Dranses. *Mém. Soc. vaud. Sc. nat.*, 13, 3, n° 82, 229-262.
- CASTANY, G. 1962. — Traité pratique des eaux souterraines. *Dunod*, Paris, 1-657.
- FAVRE, J. 1927. — Les Mollusques post-glaciaires et actuels du Bassin de Genève. *Mém. Soc. Phys. et Hist. nat.*, 40, 3, 171-434.
- GAGNEBIN, E. 1931. — Rapport inédit.
- 1935. — Ossements de Mammouths trouvés dans la moraine de Renens près Lausanne et recensement des restes de Mammouths connus dans la région lémanique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 58, 237, 385-391.
- 1937. — Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 59, 243, 335-416.
- 1941. — Découverte d'une nouvelle défense de Mammouth dans la terrasse du Boiron, près de Morges, et précisions sur quelques restes de Mammouths de la région lémanique. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 61, 255, 291-296.
- JAYET, A. 1957. — Sur l'origine du caractère arrondi des galets glaciaires et fluvio-glaciaires. *Eclog. geol. Helv.*, 50, 2, 496-507.
- LUGEON, J. 1928. — Précipitations atmosphériques, écoulement et hydroélectricité. *Dunod*, Paris, 1-366.
- MERMIER, E. 1929. — Rapport inédit.
- MEYER DE STADELHOFEN, C. et GONET, O. 1964. — Etude géophysique des graviers de Bioley-Orjulaz. *Mat. Géol. Suisse, Bull.* n° 33, 1-26.

Manuscrit reçu le 22 décembre 1967.