Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 68 (1942)
Heft: 11

Artikel: Esquisse de la géologie du plateau genevois
Autor: Joukowsky, Etienne
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-51802

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: 08.07.2025

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

68e année — 30 mai 1942 — N° 11

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : M. Imer, à Genève; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Rabais pour annonces répétées.
ANNONCES-SUISSES S. A.
5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer.

SOMMAIRE : *Esquisse de la géologie du plateau genevois* (suite et fin), par Etienne Joukowsky, géologue-conseil. — *Installation de pompage entre le lac de Joux et le lac Brenet*, par R. Golay, ingénieur, Lausanne. — *Une école d'architecture à Lausanne.* — *Société suisse des ingénieurs et des architectes : Rapport de gestion de l'exercice 1941* (suite); *Communiqué du Comité cental.* — Communiqué. — Service de placement.

Esquisse de la géologie du plateau genevois

par Etienne JOUKOWSKY, géologue-conseil.

(Suite et fin).[1]

Les terrains quaternaires

Ces dépôts ont commencé par recouvrir entièrement leur support mollassique ; les surfaces où ce dernier a été mis à découvert par l'érosion et se voit directement sous la terre végétale sont une infime fraction de la surface du plateau. Au voisinage des sommets des collines, la mollasse est souvent atteinte par des fouilles de 1 à 2 m. Voici de bas en haut, les principaux termes de la série quaternaire :

2. *Moraine de fond rissienne.*

Jusqu'à présent, nous n'avons jamais observé, dans nos nombreux sondages, un dépôt antérieur à la moraine rissienne intercalé entre elle et le soubassement mollassique. Mais nous ne pouvons affirmer qu'aucune formation fluviale ou lacustre n'existe sous la moraine rissienne. Commençons par définir le sens de l'expression : moraine de fond. Le mot moraine, qui dans le langage courant a un sens précis, a été adopté en géologie pour désigner plusieurs catégories de dépôts spécifiquement glaciaires. Chacun connaît, en bordure des glaciers actuels et à leur surface, les crêtes aiguës, à fortes pentes, formées d'un amoncellement de blocs anguleux parfois énormes, où l'on trouve des roches provenant de tous les versants rocheux de l'amont. Ces formations correspondent au sens primitif du mot moraine. Les anciens glaciers ont laissé de tels dépôts sur le plateau mollassique, mais en outre, leur passage est marqué par la présence, en couches parfois puissantes, de *moraine de fond.* C'est un dépôt formé *sous le glacier*, surtout dans les dépressions de son lit. Nous ne connaissons rien dans les glaciers actuels qui soit un équivalent de nos puissantes moraines de fond, et pour comprendre la formation de celles-ci, telle qu'elle se présente sur notre plateau, un effort d'imagination est nécessaire. Tout le long du pied du Salève, on trouve des blocs erratiques enrobés dans des matériaux fins ; ces blocs, parfois très gros, proviennent du Valais et du Chablais. Il en est de même dans les environs de Gex, au pied du Jura. On y trouve des représentants de tous les terrains cristallins et sédimentaires du bassin du Rhône. Les parties basses du plateau ont donc été couvertes d'une très forte épaisseur de glace. Ces glaciers se sont étendus jusqu'à Lyon. Le lit du glacier rissien était ici formé de mollasse, et nous avons vu que dans celle-ci les couches marneuses sont dominantes. Dans les parties creuses du lit s'accumulaient d'une part les matériaux ultra-fins provenant de la désagrégation des parties voisines de ce lit, d'autre part les blocs erratiques qui tombaient de la surface du glacier par les crevasses, et s'incorporaient à la pâte. Les caractéristiques essentielles du dépôt sont précisément, d'une part, l'association de matériaux très fins d'origine proche et de blocs parfois très gros, d'origine lointaine, d'autre part, l'absence de stratification sur des épaisseurs dépassant la dizaine de mètres. L'absence de stratification n'est cependant pas un carac-

[1] Voir *Bulletin technique* du 16 mai 1942, page 109.

tère absolu, et l'on trouve parfois des parties où la glaise a une apparence de stratification. Autant que j'ai pu l'observer dans de nombreux puits, la moraine stratifiée est pauvre en gros éléments.

La pâte de la moraine est grise ou gris-bleu ; elle prend une teinte ocreuse là où des actions superficielles d'oxydation se sont produites. Il n'est pas rare de trouver une teinte rougeâtre due à la couleur de la marne mollassique, aux dépens de laquelle elle s'est formée. A l'époque de la formation de la moraine rissienne, les surfaces mollassiques à découvert et longuement soumises à l'oxydation étaient beaucoup plus étendues qu'à l'époque wurmienne. Il s'ensuit que la moraine rissienne est généralement de teinte plus ocreuse que la moraine wurmienne. Mais c'est là une différence un peu subtile, et il serait dangereux de l'adopter comme critère.

Il convient de citer encore, comme élément caractéristique de la moraine de fond les *cailloux striés*. Ce sont le plus souvent des calcaires compacts à grain très fin. Les stries, orientées un peu dans tous les sens, prennent souvent l'aspect de traits tracés au burin, parfois très abondants sur un même caillou ; celui-ci peut avoir deux faces opposées lisses, même polies, et riches en stries, tandis que le pourtour est resté mat et dépourvu de stries. On ne s'explique guère ces faits autrement que par le frottement subi sur un fond dur par un caillou incorporé à la glace, soit encore par des glissements en masse de matériaux riches en gros cailloux.

Au point de vue de son comportement technique, la pâte de la moraine se rapproche beaucoup de celui des couches marneuses de la mollasse. Elle aussi, préalablement séchée à l'air, puis plongée dans l'eau, se désagrège et tombe en bouillie en quelques minutes. Comme terrain de fondation, elle résiste médiocrement à la pression, mais d'autant mieux que la proportion de pâte ultra-fine est plus faible. La moraine, quoique très avide d'eau, se comporte comme un terrain étanche.

Quant à sa répartition sur le plateau, on peut faire cette remarque que les affleurements de moraine rissienne visibles en surface sont d'une extrême rareté, tandis qu'on la rencontre en couches épaisses dans les talwegs anciens. Dans la plupart des sondages où elle a été rencontrée, elle a, dans sa partie supérieure marquant le retrait du glacier, un faciès formé de *glaises rubanées*. Sur la tranche, on voit des bandes alternantes claires et foncées, de couleur grise, les premières formées de sable, les foncées de glaise. Le sable est fin, mais on trouve aussi de temps en temps des cailloux. Nous reviendrons sur ce point à propos des glaises rubanées wurmiennes.

3. *L'alluvion ancienne.*

Je désigne sous ce nom toutes les couches comprises entre deux moraines de fond, l'inférieure rissienne et la supérieure wurmienne. Formée essentiellement d'un mélange de gravier grossier (où même de gros blocs ne sont pas rares) et de sable de grain variable, à quoi s'ajoutent par places des éléments ultra-fins, elle se fait remarquer par son peu d'homogénéité. Les bancs de gravier et de sable, en gros, sont horizontaux, mais un même banc montre souvent, dans sa masse, une stratification inclinée ou entrecroisée. L'épaisseur de l'ensemble varie dans de très fortes proportions. Presque partout, à la partie inférieure se trouve une intercalation sous forme de lentilles plus ou moins allongées de matériaux fins, sable de grain variable jusqu'à des limons et même en certains points des glaises rubanées ultra-fines et plastiques. Certaines de ces couches à grain fin marquent l'interglaciaire proprement dit, par quoi il faut entendre qu'elles se sont formées pendant le maximum de retrait du glacier ; le territoire a été assez longtemps libre de glace pour qu'une faune et une flore aient pu s'établir. Ces terrains reposent sur un gravier fluvioglaciaire de la fin du riss et sont recouverts par un gravier fluvioglaciaire du début du wurm.

Leur gisement le plus important par son étendue se trouve sous les falaises de Cartigny (fig. 2, p. 114, *Bulletin technique* du 16 mai 1942) et en face, sur l'autre rive du Rhône. A Cartigny, la lentille a 220 m de long et une épaisseur maxima de 1,70 m. La glaise, très fine, est grise à l'intérieur et ocre à l'extérieur. La stratification passe inaltérée d'une couleur à l'autre. Sur la rive opposée, au bord du Rhône en basses eaux, on voit ces glaises affleurer sur le lit majeur. On y a trouvé des lignites et une feuille de chêne.

Dans un sondage exécuté au printemps 1940 à la Petite-Boissière (fig. 4), on a rencontré ce niveau vers la cote 364.9, c'est-à-dire 7 m plus bas que le niveau moyen du lac. C'est là que pour la première fois sur notre territoire on a trouvé une faunule de mollusques interglaciaires. Je donne ici quelques détails, en raison de l'importance du fait.

Il y a deux couches d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur cha-

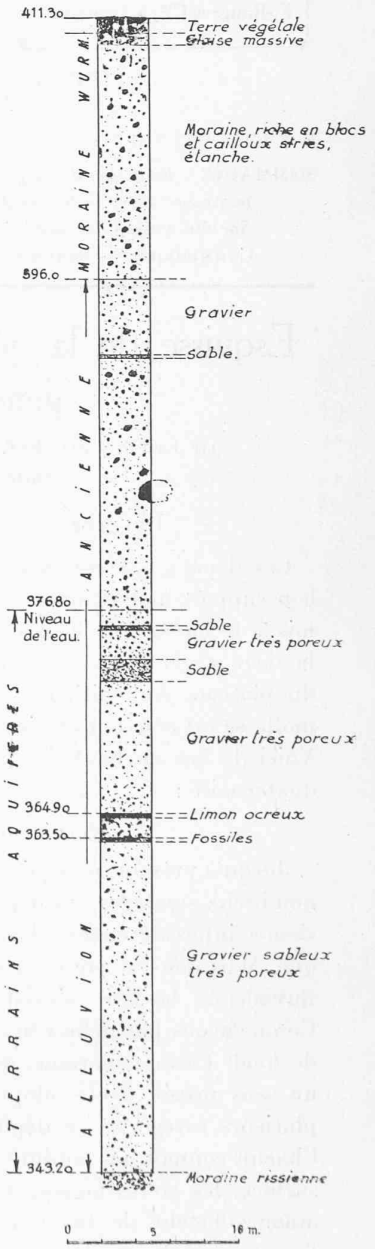

Fig. 4.
Sondage de la Petite-Boissière.

cune, séparées par 1,10 m de gravier. L'inférieure seule était fossilifère. Un volume total d'une quinzaine de litres a été retiré du sondage. M. Jules Favre, dont l'autorité en la matière est reconnue de tous, y a trouvé des fossiles et a pu déterminer une petite faune de prairie humide comprenant six espèces de mollusques, parmi lesquels des limaces (de ces dernières il ne reste que des corpuscules calcaires de formes très caractéristiques, sécrétés par le manteau).

Voici le résultat des études de M. Favre :

Limacelles (corpuscules calcaires résiduels) d'une petite espèce de Limace .	16 exemplaires
Corpuscules calcaires d'Arion (autre représentant du groupe des Limaces) .	très nombreux
Genre *Clausilia*	3 exemplaires
Pupilla muscorum (Mull.).	2 »
Columella columella (v. Mart.).	15 »
Succinea oblonga Drap.	nombreux

Cette couche repose sur un gravier aquifère, dont la base est à 344,10 m.

Retenons ce fait très important qu'à la cote 365, c'est-à-dire 7 m plus bas que le niveau du lac (372 m), se trouve *une faune de prairie humide.* Je n'ai pas vu la moindre trace de végétaux. Cela fait penser plutôt à des laisses de cours d'eau où se sont déposées les coquilles de mollusques terrestres.

Cette faunule et les restes végétaux de Cartigny prouvent de façon indiscutable l'instauration d'un climat plus doux entre les deux extensions glaciaires du riss et du wurm.

La glaise rubanée à lignites de Cartigny repose sur un gravier, épais de 7 m en chiffre rond, qui représente la couche inférieure de notre alluvion ancienne, et repose sur les glaises rubanées surmontant la moraine rissienne.

L'alluvion ancienne est le grand collecteur de nos nappes profondes, aussi bien dans les bassins de l'Arve et du Rhône que dans ceux de l'Allondon et de la Versoix. De tous les terrains quaternaires, c'est elle qui présente les plus fortes variations d'épaisseur. On a reconnu, dans le sondage [2], 51 m de graviers sableux [1]. Les variations sont dues en partie aux irrégularités du fond imperméable supportant le gravier, mais plus encore au fait que l'alluvion a subi des érosions avant d'être recouverte par la moraine wurmienne ; il est même très possible que sa surface supérieure ait été très irrégulière dès la formation même du dépôt. A la gravière d'Arare on voit à découvert une très belle coupe d'alluvion ancienne surmontée de moraine wurmienne ; la surface supérieure du gravier, dont les couches sont nettement horizontales, recoupe ces couches en forme de large dôme, et sur celui-ci on voit reposer la moraine wurmienne, en discordance de stratification.

L'alluvion ancienne est poreuse et cela surtout au voisinage de la nappe phréatique qu'elle contient à sa base. Cette zone à porosité accrue témoigne d'un niveau primitif plus élevé de la nappe et datant du temps où les cours d'eau superficiels eux-mêmes étaient plus élevés, n'ayant pas encore accompli leur travail d'érosion [1], et où par conséquent les eaux phréatiques, elles aussi, avaient un niveau plus élevé. Leur écoulement continu pendant des millénaires a emporté la partie ultra-fine des sables.

Ce serait une erreur, et dans les calculs théoriques on commet cette erreur, de considérer le rapport de l'espace vide à l'unité de volume de gravier — sa porosité — comme constant en chaque point. Cette porosité est très variable et, en réalité, l'écoulement naturel de l'eau se fait par un réseau d'innombrables canalicules dont la section va en augmentant au fur et à mesure que les filets viennent se réunir à la manière des eaux superficielles, mais avec une complication infiniment plus grande. J'ai fait moi même une mesure de porosité — très grossière, il est vrai — sur un gravier prélevé dans l'alluvion ancienne des falaises de Cartigny ; le chiffre trouvé, 18 %, est sans doute trop fort et ne peut être considéré comme une valeur moyenne de cette porosité. Disons d'ailleurs que l'estimation un peu précise d'une telle moyenne est loin d'être une opération simple.

Il est nécessaire d'être renseigné aussi exactement que possible sur l'extension de l'alluvion ancienne si l'on veut connaître celle de la nappe phréatique, puisque l'une est le contenant de l'autre. Et d'abord, il faut connaître tous ses affleurements au jour, qui sont très étendus le long des falaises du Rhône et de l'Arve, dont le gravier de l'alluvion ancienne forme la partie inférieure. Aujourd'hui, à cette connaissance s'ajoutent les donnéesr ecueillies dans un grand nombre de puits et de sondages.

Dans le nant de Frontenex se trouve, flanquée, en couches horizontales, contre le soubassement mollassique de la colline de Cologny, une puissante couche de gravier, visible sur une vingtaine de mètres d'épaisseur, sur les deux versants, et recouverte de moraine de fond wurmienne. La continuation de ce gravier vers le sud et le sud-ouest est prouvée par le puits du parc de La Grange[1] de la route de Frontenex [2], près de là un puits sous la fabrique Caran d'Ache à la Terrassière, le puits de la Boissière [4], la fouille de l'égout au plateau de Champel, les puits de la Fontenette [3] et de Vessy [6]. Près de ces deux derniers, la base des falaises est entièrement formée d'alluvion ancienne correspondant à la pente abrupte. La pente douce avec laquelle cette dernière se raccorde vers le haut est dans la moraine wurmienne.

A Pinchat sur Carouge, la falaise de rive gauche s'infléchit brusquement vers l'ouest et sa base disparaît sous des dépôts dont la pente s'atténue rapidement dans cette direction. Plus loin, nous retrouvons l'alluvion ancienne dans le puits de Saconnex-d'Arve [7] ; à Arare [8] la coupe de la gravière et un puits de 23 m de profondeur permettent d'estimer l'épaisseur totale de l'alluvion à

[1] Dans un sondage terminé en mars 1942, à Perly, on a traversé 75,20 m de gravier de l'alluvion ancienne reposant directement sur la mollasse marneuse, *sans l'intermédiaire de moraine de fond rissienne,* à la cote 335.

[1] C'est toujours à un cours d'eau, un lac ou à la mer qu'aboutit le parcours d'une eau phréatique, quelle qu'elle soit.

plus de 30 m. A Perly [9], un puits a été poussé jusqu'à 17 m et a traversé une dizaine de mètres d'alluvion ancienne typique. A partir de là, nous devons aller jusqu'à la station élévatoire de Soral [10] pour retrouver notre gravier. La forte capacité de production de ce puits implique un bassin d'alimentation très étendu et d'autre part la parenté de son eau avec celle de Saconnex-d'Arve prouve une connexion continue du gravier entre ces deux puits. Ce qui précède permet de considérer comme plus que probable la continuité du gravier sur toute l'étendue entre Vessy et Soral. Au delà de ce point, nous n'avons qu'un puits à l'usine de Pougny-Chancy avant les falaises graveleuses du Rhône. L'eau qu'on y pompe est, par sa dureté passagère, d'une parenté indiscutable avec celle de Soral, et ici encore ce fait est un argument en faveur de la continuité du gravier entre ces deux points. Il est donc probable que de Vessy à l'usine de Pougny se trouve une zone continue de gravier de l'alluvion ancienne, emboîtée entre les versants d'une dépression profonde, dont la formation a précédé la glaciation rissienne.

Passons maintenant à la rive gauche de l'Aire. A son aval, à partir de l'embouchure, on peut suivre les affleurements de l'alluvion ancienne sous le Bois de la Bâtie et le long de la route de Saint-Georges. On y voit en abondance des masses de graviers fortement cimentés, phénomène très caractéristique de nos graviers interglaciaires et qui a pour conséquence la formation de surplombs. Près du premier tournant de la route vers l'ouest, on pouvait voir, au moment des travaux de correction, des glaises rubanées passant en profondeur et latéralement à la moraine wurmienne. Ces glaises étaient visiblement emboîtées, en couches horizontales, dans la moraine, elle-même emboîtée dans l'alluvion ancienne. Entre ces affleurements et la brasserie de Tivoli située en contrebas se trouve une galerie haute de 4 à 5 m qui conduit à tout un réseau d'excavations de même hauteur, d'une longueur totale de 90 m. Ces galeries sont entièrement creusées dans l'alluvion ancienne. Vers l'amont de la vallée de l'Aire, sous le village de Lancy, on voit plusieurs affleurements d'alluvion ancienne qui disparaissent peu à peu sous la masse des dépôts morainiques wurmiens. Il est hors de doute que ces moraines s'emboîtent de plus en plus profondément dans le soubassement de gravier, dont les derniers affleurements visibles sont dans le village même de Lancy (voir fig. 5).

Les graviers du Bois de la Bâtie ont-ils jamais eu une connextion directe, à travers la vallée de l'Aire, avec les graviers de la côte de Pinchat ? Cela paraît peu probable, mais les arguments — c'est-à-dire les faits observés — manquent pour trancher la question. Le champ est ouvert aux hypothèses et l'on sait qu'un géologue résiste difficilement à la tentation de s'y engager. Le sondage [5], aux Laiteries Réunies, quartier des Acacias, poussé jusqu'à la cote 324 en pleine moraine et sans avoir traversé de gravier semble indiquer que l'alluvion ancienne manque. Cependant on pourrait supposer que dans la partie axiale de la vallée de l'Aire, un affaissement a fait disparaître le gravier en profondeur, mais on n'a nulle part de preuves de tels mouvements post-wurmiens. Il est probable que l'alluvion ancienne s'est formée d'abord à la périphérie d'un glacier rissien mourant cantonné dans la vallée de l'Aire, puis à celle d'un glacier wurmien en voie de croissance. Enfin, il est possible que le gravier ait été détruit par un cours d'eau interglaciaire contournant la colline de Bernex au sud. Quoi qu'il en soit, chacun voit clairement que des sondages convenablement placés dans la plaine de l'Aire apporteraient une importante contribution à la connaissance de notre nappe profonde, lors même qu'ils ne prouveraient que l'absence du gravier aquifère.

En résumé, nous avons de bonnes raisons pour admettre la continuité de l'alluvion ancienne entre Frontenex, Vessy, la Fontenette, Saconnex-d'Arve, Soral et Pougny-Chancy, mais nous ignorons s'il en est de même entre l'alluvion ancienne de Lancy et celle de Soral. Ces indéterminations sont mises en évidence dans la coupe du Bout-du-Monde au Grand-Lancy (fig. 5).

Dans la vallée du Rhône, à partir de la Jonction (confluent de l'Arve et du Rhône) les choses se présentent plus simplement. La continuité de l'alluvion ancienne jusqu'à La Plaine ne peut faire de doute. Une branche de rive droite existe aussi, affleurant dans le bas du vallon de l'Avril, mais nous ne savons jusqu'où elle se prolonge vers

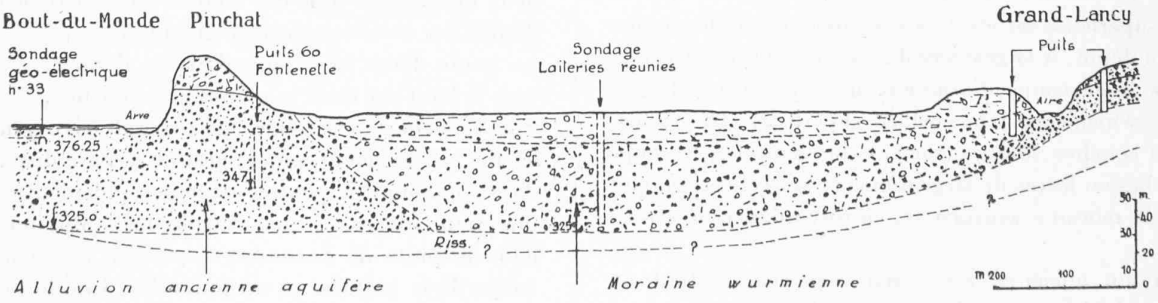

Fig. 5. — Coupe à travers la vallée de l'Aire.

La coupe est tracée en admettant qu'il n'y a pas de continuité entre l'alluvion ancienne de Pinchat et celle constatée au Grand-Lancy, sous une couverture de moraine wurmienne. Le trait discontinu supérieur, au centre de la figure, marque le contact (repéré en un seul point) entre les dépôts post-wurmiens et la moraine wurmienne.

l'amont. Sa connexion avec les graviers aquifères des puits de Meyrin ne peut faire de doute, mais on manque de données précises.

Des mesures faites par le Service des eaux, en 1928, ont permis d'établir que la nappe phréatique de Meyrin, connue dans quatre puits, a sa surface à la cote moyenne de 412 environ. Sa profondeur est inconnue. Les puits étant tous murés, il n'est pas possible de constater la présence d'un gravier poreux, mais sous la moraine wurmienne il doit exister. S'il s'agit bien d'alluvion ancienne, la cote de sa surface, très élevée relativement à toutes les autres cotes connues dans le canton (maximum 378), pourrait indiquer la présence d'un seuil mollassique entre les collines de Satigny et de Pregny.

L'alluvion ancienne, aquifère à sa base, constitue le socle du plateau d'Aire-la-Ville, c'est-à-dire la surface comprise entre la ligne Evaux-Moulin de Vert et le Rhône. La surface de la mollasse affleure très haut dans le nant d'Avanchet, est visible sur les deux rives du Rhône aux environs de Chèvres, et de là plonge en pente douce sous le plateau d'Aire-la-Ville et disparaît sous le gravier. Sous ce plateau se trouve à la base de l'alluvion ancienne une nappe indépendante de celle de Vessy-Soral-Pougny. Dans les nants des Evaux, de Lagnon et des Piccolattes se voient des affleurements d'alluvion ancienne sous diverses formes, dont celles du nant de Lagnon méritent une mention spéciale, par la présence de blocs énormes de poudingues durs, détachés des parois. On croit se trouver en présence de véritables roches dures, si forte est la cimentation des graviers.

Les puissantes masses de gravier qui forment la base des falaises de Cartigny et de l'embouchure de l'Eau-Morte se retrouvent à l'aval sur le socle mollassique d'Epeisses que l'on voit affleurer au-dessus du Rhône. La continuité du gravier sous une couverture morainique est probable.

C'est encore à l'alluvion ancienne qu'appartient le gravier qui forme la base des versants rapides de la vallée de l'Allondon, et là comme partout, la moraine wurmienne repose sur le gravier. Des affleurements sont visibles dans les environs des Granges.

4. *Moraine de fond wurmienne.*

On peut répéter sans changement, au sujet du mode de formation, ce qui a été dit à propos de la moraine rissienne. La moraine wurmienne date de la quatrième invasion du glacier d'après la classification le plus généralement admise. Ses caractères lithologiques diffèrent à peine de ceux de la moraine inférieure. Elle aussi est étanche, et sa présence très fréquente comme couverture de l'alluvion ancienne constitue la meilleure protection de la nappe contre la pollution par les eaux superficielles. Les fissures de dessication pendant les périodes de sécheresse un peu longues dépassent rarement 4 m de profondeur. Cette épaisseur marque, en gros, le minimum à partir duquel la protection de la nappe est assurée.

La moraine wurmienne, cela va de soi, s'est formée à une époque où la mollasse était, dans le bassin du Petit Lac, masquée par des dépôts rissiens et interglaciaires. Sa pâte est de couleur grise en profondeur, ocreuse en surface, et possède souvent un haut degré de plasticité. Son épaisseur est variable, au gré des irrégularités de la surface de l'alluvion ancienne sur laquelle elle repose. Parfois, à sa base et reposant directement sur le gravier, on trouve des couches en tout point semblables à la série stratifiée par laquelle la moraine wurmienne est souvent recouverte et qui sont décrites au paragraphe suivant. Ces couches stratifiées inférieures se sont probablement déposées, à l'aval d'un glacier de l'Arve en voie de progression, dans des parties creuses où a eu lieu, pendant un certain temps, une sédimentation dans l'eau, qui a fait place à la moraine de fond après invasion plus poussée du glacier.

5. *Glaises rubanées.*

La moraine wurmienne passe presque toujours, vers le haut, à des glaises rubanées. C'est un sédiment formé de couches alternantes de glaises et de sables fins ou de limons. On y trouve cependant, en quantité décroissante vers le haut, des cailloux parfois de quelques centimètres. Les éléments fins n'ont pu se sédimenter que dans l'eau, mais un même agent ne pouvait déposer en un même point de gros cailloux et des limons et des glaises. Il faut donc chercher une autre origine aux gros éléments, et ce qui semble le plus logique est d'admettre, dans une dépression abandonnée progressivement par un glacier en voie de retrait, une période où des glaçons flottants laissaient tomber des matériaux grossiers qui s'incorporaient aux sédiments fins. Il arrive, en effet, de voir les sédiments s'infléchir pour mouler un caillou. De telles couches, sur 7 à 10 m d'épaisseur, forment, dans le Petit Lac, le support de la craie lacustre, épaisse, elle aussi, d'une dizaine de mètres. Les auteurs qui ont étudié ces couches en détail leur ont donné le nom de dépôts glacio-lacustres pour rappeler un mode de formation où interviennent deux causes.

Au point de vue qui nous occupe, le glacio-lacustre se comporte de façon variable. Si le sable domine, il peut devenir aquifère et se manifester par des sources. C'est le cas pour la plupart des sources superficielles du quartier des Eaux-Vives. Si, au contraire, les couches argileuses sont fortement dominantes, les glaises rubanées deviennent pratiquement étanches.

6. *Terrains postglaciaires.*

Il s'agit là de formations très variées, de faible étendue, et déposées sur des pentes douces ou dans de petits bassins fermés. Ce sont des sables, des graviers, des limons et dans les bassins fermés des glaises, des craies souvent fossilifères, des tourbes. Parmi les formations sableuses, il en est une qui mérite une mention spéciale, c'est celle que dans le langage courant on nomme *sablon*. C'est un sable très fin, avec peu d'éléments argileux, assimilable à un limon de couleur grise ou ocre clair, reposant

le plus souvent sur une moraine wurmienne. On y distingue parfois une stratification, avec intercalation de couches graveleuses, mais le plus souvent il forme de gros bancs dépassant parfois 2 m d'épaisseur, à l'intérieur desquels aucune stratification n'apparaît. On y trouve ça et là des cailloux, ceux qui sont calcaires montrant parfois des stries, et dont le diamètre peut atteindre 3 à 4 centimètres. Mais les cailloux sont rares. Jamais, dans ces terrains sableux, on n'a trouvé d'organismes franchement xérophiles. Ceux dont le grain est proche de celui d'un limon ont une grande ressemblance avec des terrains qualifiés lœss dans les environs de Bâle et dans les couches interglaciaires de la région lyonnaise. De leur ressemblance avec le lœss typique, qui est une formation éolienne (due au transport par le vent), on a conclu qu'ils témoignaient d'un climat sec. Mais il faut reconnaître que l'argument est d'une faible valeur, car jamais on n'y a signalé d'organismes xérophiles, c'est-à-dire caractéristiques d'un climat sec. M. J. Favre, qui a eu sous les yeux tout ce qui a été trouvé, sur notre territoire, en fait de mollusques quaternaires et actuels, n'a jamais trouvé autre chose qu'une faunule de prairie humide, et nous avons vu (p. 123) que l'interglaciaire fossilifère, mis à découvert dans le sondage de la Petite-Boissière, a montré des caractères identiques.

Parmi toutes les incertitudes qui persistent sur l'évolution interglaciaire et postglaciaire du climat à la périphérie des Alpes, celle qui plane sur le mode de formation du lœss n'est pas la moindre. C'est pourquoi j'ai cru bon d'insister un peu sur nos sablons, dont certains rappellent le lœss bâlois ; j'en complète la description en signalant une particularité de leur mode de sédimentation. En divers points il est resté des dépressions tapissées de moraine de fond, dépourvues d'affluent important et alimentées seulement par des eaux ruisselantes, mais qu'aucun changement de régime n'a comblées de matériaux grossiers. Tel a été le cas entre Grange-Canal et les Eaux-Vives. Les émissaires de ces dépressions ont suivi l'abaissement général de tout le réseau fluvial. Les phénomènes de solifluction, c'est-à-dire de glissement des fonds meubles vers l'aval, ont dû jouer un rôle important. Dans cette suite de mouvements lents, les grains les plus gros tendent à se déplacer plus que les fins, par gravité, et à s'accumuler dans les parties profondes. Les éléments ultra-fins — que la moraine de fond contient en proportion considérable — restent en suspension et sont entraînés par l'émissaire. Il en résulte que dans la cuvette, les limons fins restent dans les parties hautes des rives, tandis que les sables plus grossiers tendent à s'accumuler vers le fond. Le classement est inverse de ce qui se produit dans un delta, étant bien entendu que ces remarques ne concernent que les *matières fines* de la pâte morainique.

Les terrains postglaciaires couvrent la presque totalité de la surface du plateau genevois, et il est rare de rencontrer inaltéré, sous la terre végétale, un des dépôts qui leur sont antérieurs. Pour se faire une idée d'ensemble de la constitution de notre sous-sol, on ne saurait mieux faire que de prendre pour guides la carte géologique du canton de Genève d'Alphonse Favre et, pour pousser plus loin le détail, celle de M. Ed. Paréjas.

7. *La terre arable.*

La terre arable repose, d'après ce que nous venons de voir, sur des supports d'une grande variété. Dans chaque cas elle a une composition dépendant de son support ; les différences trouveront leur expression dans les caractères de la végétation et aussi dans ceux de la faune, particulièrement parmi les mollusques. A leur tour flore et faune n'ont pas été sans exercer une influence sur les colonies humaines et l'on aperçoit ainsi quelques maillons de la chaîne qui lie la géologie à la préhistoire. La terre arable n'est plus, à proprement parler, du domaine de la géologie, en raison du rôle important qu'y joue la vie organique. Nous verrons plus loin qu'elle a une part dans la formation des eaux souterraines.

Installation de pompage entre le lac de Joux et le lac Brenet,

établie temporairement par la compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe en 1942,

par R. GOLAY, ingénieur, Lausanne.

L'usine génératrice de La Dernier près Vallorbe, propriété de la *Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe*, utilise les eaux du bassin naturel d'accumulation que constituent les lacs de Joux : Joux proprement dit et Brenet, reliés entre eux par un canal de 240 m de longueur environ (fig. 1).

La concession hydraulique accordée à la Compagnie vaudoise permet d'utiliser les eaux accumulées dans ces lacs, entre les cotes 1008,50 et 1005,00 m. Mais pratiquement dans les années normales au point de vue pluviométrique, le niveau des lacs ne descend guère au-dessous de 1006,00 m ; à cette cote le débit du canal joignant les deux lacs est amplement suffisant, car le point le plus haut de son radier se trouve à la cote 1005,00 m. Par contre dans les années tout à fait exceptionnelles comme 1921-22 et 1941-42, durant lesquelles une longue sécheresse a sévi, le niveau des lacs de Joux est descendu au-dessous de 1005,00 m ; l'eau ne pouvait alors plus passer naturellement d'un lac dans l'autre. Pour parer à cet inconvénient majeur, la Compagnie vaudoise dut procéder d'urgence, en particulier la dernière fois en 1942, à l'installation d'un pompage temporaire pour faire passer artificiellement l'eau du lac de Joux dans le lac Brenet, afin de pouvoir assurer son service de distribution d'énergie, des compléments lui étant, il est vrai fournis par la Société « Energie de l'Ouest Suisse » (E. O. S.).

L'installation de pompage a été réalisée pour un débit de 3200 litres/sec sous une différence de niveau de 4 à 6 m, et comportait trois groupes moteur-pompe, logés