Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles

Band: 29 (1900-1901)

Artikel: Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes

Autor: Schardt, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88464

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: 29.08.2025

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

MÉLANGES GÉOLOGIQUES

sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes

PAR LE Dr H. SCHARDT, PROFESSEUR

Deuxième fascicule.

(AVEC SIX PLANCHES ET TREIZE CLICHÉS)

CONTENANT :

IV. Les mouvements de rochers à la Clusette.
V. Nouveau gisement d'Albien à La Coudre, près Neuchâtel.
VI. Calcaire d'eau douce tertiaire discordant sur l'Urgonien, près de Gorgier.
VII. Coupe de la mollasse aquitanienne de la colline de Marin.
VIII. Sur les dunes éoliennes et le terrain glaciaire des environs de Champion et d'Anet.
IX. Sur un dépôt tuffacé dans la combe des Fahys, près Neuchâtel.
X. Composition de la tourbe et coupe de l'Alluvion du vallon du Locle.
XI. Un lambeau de recouvrement jurassique sur le Tertiaire, près de Buttes.
XII. Phénomènes de lamination glaciaire dans le Val-de-Travers et à La Chaux-de-Fonds.

IV

Les mouvements de rochers entre le Furcil et la Clusette, près de Noiraigue.

Communiqué dans la séance du 15 mars 1901.

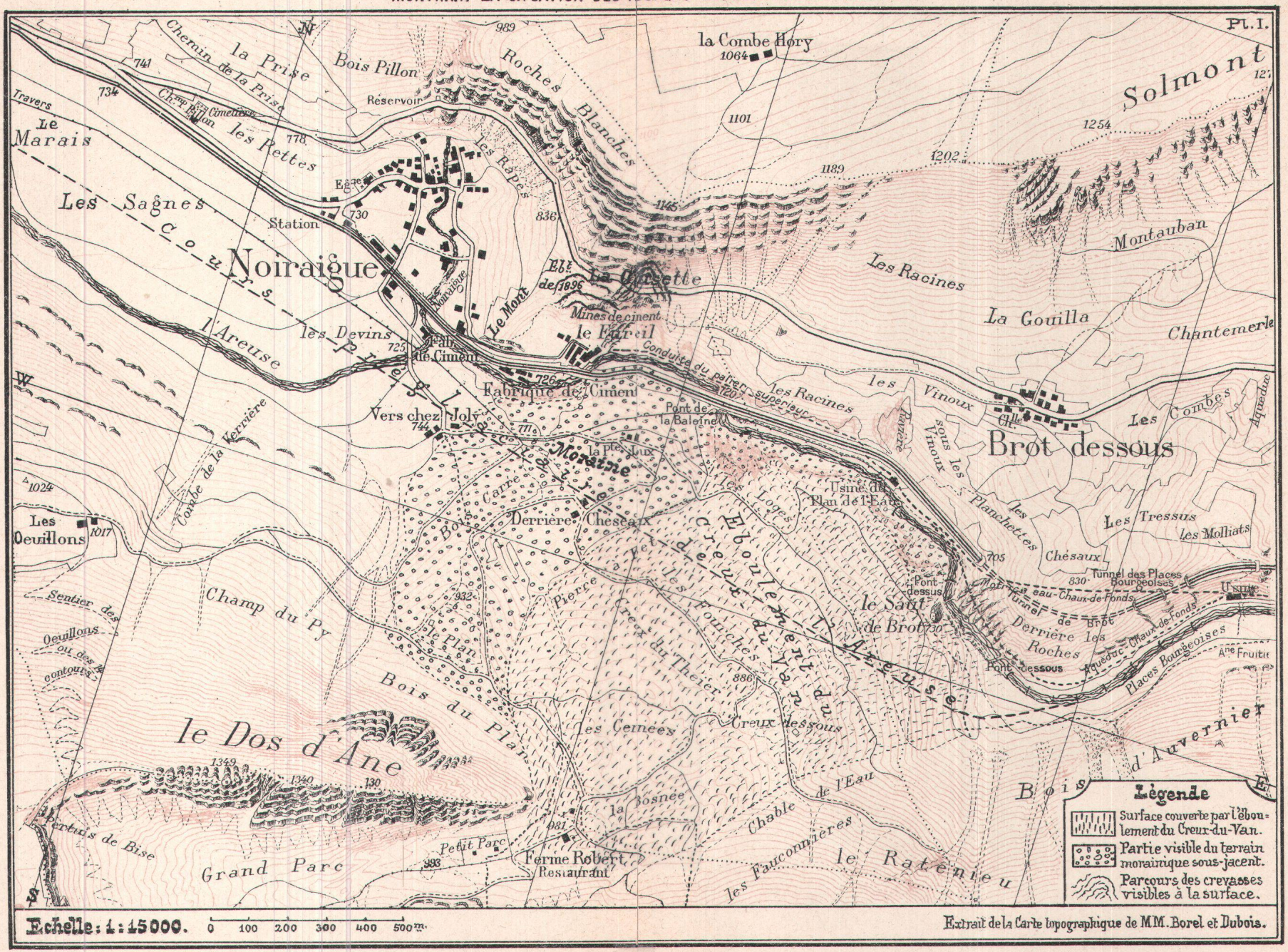
Qui ne connaît ce rocher proéminent au pied duquel l'Areuse quitte la plaine marécageuse des Sagnes, près de Noiraigue, pour s'introduire dans les gorges si pittoresques qui finissent par lui livrer passage dans le lac de Neuchâtel. C'est en effet près de Noiraigue que finit le Val-de-Travers proprement dit et où commencent les Gorges de l'Areuse. Autant la plaine et les coteaux de Noiraigue, contournés par l'hémicirque des Roches-Blanches, paraissent gais et hospitaliers, autant le passage des Gorges nous réserve des sites sauvages et retirés. (Pl. I.)

Après avoir contourné le promontoire du Mont, la rivière s'introduit entre le coteau aux formes arrondies de la Petite-Joux et le rocher de la Clusette qui s'élève par gradins de plus de 400 m. au-dessus du niveau de la rivière. C'est au premier tiers environ que passe la seule route carrossable directe qui relie le Val-de-Travers au Vignoble. Le pied de ce rocher, appelé le Furcil, offre un coteau très raviné dans lequel sont ouvertes des exploitations de marnes à ciment et à chaux hydraulique. (Voir pl. I et III.)

Ce n'est donc pas sans émotion que chacun a appris la nouvelle qu'un éboulement se préparait à la Clusette et que non seulement les voies de communication pourraient être interrompues, mais la possibilité

CARTE DES ENVIRONS DE NOIRAIGUE

MONTRANT LA SITUATION DES ROCHERS ÉBOULEUX DE LA CLUSETTE



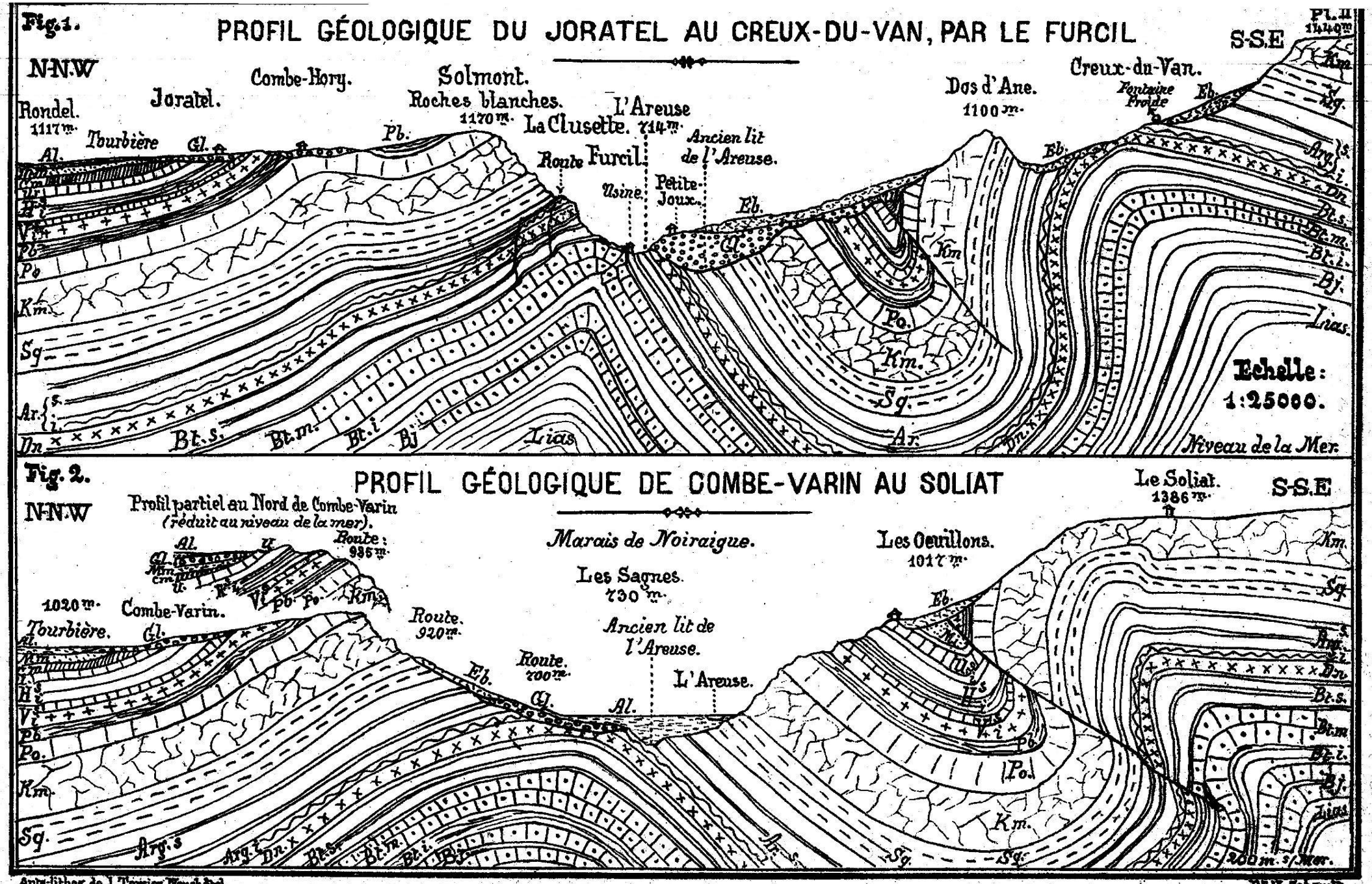
d'une inondation d'une partie du Val-de-Travers était à craindre, au cas où l'Areuse viendrait à s'obstruer par la chute d'une grande masse de rocher. La nouvelle a fait le tour de la presse, agrémentée de prévisions plus ou moins pessimistes. C'était un désastre comme la Suisse n'en a guère vu depuis la chute du Rossberg et l'éboulement d'Elm qui, d'après certains journaux étrangers, menacerait l'industrielle contrée neuchâteloise. Il nous semble donc utile de déposer dans une notice scientifique toutes les données que nous possédons sur la situation réelle et les éventualités à prévoir. Aujourd'hui, la pire des éventualités, la chute subite de toute la masse rocheuse menaçante, n'est plus guère à craindre; les crevasses continuent cependant à s'ouvrir lentement et graduellement, mais on est en droit d'espérer que, par les travaux actuellement commencés, on arrivera bientôt à se rendre maître de la situation.

L'endroit où s'élève le rocher de la Clusette présente une structure géologique et orographique des plus intéressantes. Près de Travers, l'Areuse coule dans une vaste cuvette en forme d'auge évasée (synclinal), dont le bord S.E. est compliqué par un pli-faille. Au Vanel, la rivière quitte cette dépression pour s'introduire dans un passage étroit, creusé dans les couches du flanc N.N.W. de la cuvette naturelle. Le fond de celle-ci s'élève de plus en plus au fur et à mesure que sa largeur diminue; la Combe des Lacherelles et des Œillons est la continuation de la cuvette du Val-de-Travers, toujours bordée du pli-faille (voir Pl. II, fig. 2). Entre le Vanel et Noiraigue, la rivière coule au milieu d'un pli anticlinal largement ouvert et dont le fond est occupé par une plaine presque horizon-

tale, longue de 2 km. et large d'environ 500 m. Cette plaine, formée de terrain d'alluvion lacustre, se continue en amont sur toute la longueur du Val-de-Travers, attestant l'*ancienne existence d'un lac* qui s'étendait jusqu'à Saint-Sulpice (voir fig. 2). A la Clusette même, la rivière coule encore sur l'axe du pli anticlinal (voir fig. 1). Elle se dirige bientôt au S.E., à travers les mêmes couches qu'elle a coupées au N. du Vanel, pour se rapprocher de nouveau du synclinal. Celui-ci se poursuit, à une grande hauteur, entre les Lacherelles et les Œillons, et se continue de là, parallèlement à la Montagne de Boudry, sur le flanc S.E. des Gorges de l'Areuse.

L'escarpement de la Clusette et du Furcil, dont une partie menace éboulement, se trouve justement au point où le cours de la rivière tend à se diriger au S.E. A partir de cet endroit, les allures de la vallée sont totalement différentes de l'aspect qu'elle présente en amont de Noiraigue, où existait l'ancien lac. C'est un étroit passage qui conduit les eaux par le Saut-de-Brot aux Molliats.

Nous avons vu que le fond de la vallée, entre Noiraigue et Saint-Sulpice, est occupé par une forte couche d'alluvion. Du Furcil en aval, nous voyons la rivière couler sur le sol rocheux qu'elle érode. C'est à cette érosion récente qu'est dû l'escarpement de la Clusette, où le rocher est dénudé jusqu'au bord de la rivière. Il y a entre Noiraigue et les Molliats une différence de niveau de près de 100 m. La largeur de la plaine d'alluvion de Noiraigue permet de supposer là une épaisseur de terrain de remplissage de 60 à 70 m. Donc, avant la formation du lac, la rivière qui a creusé la vallée sur l'emplacement de cet anticlinal



Autu-lithog. de J. Terrier, Neuchâtel.

Dr H. Schardt.

coulait à 60-70 m. plus bas, au fond du sillon d'érosion. (Voir l'emplacement présumé de cet ancien lit de l'Areuse, pl. II, fig. 2.) C'est donc un barrage qui a créé le lac; un barrage qui devait même s'élever sensiblement plus haut que le seuil actuel du Furcil, puisque, près de Couvet et de Môtiers, les deltas immergés des torrents latéraux s'élèvent à 770 m., soit environ 50 m. plus haut que la plaine de Noiraigue. Ce barrage est représenté par la colline de la Petite-Joux et de Derrière-Cheseaux, qui s'adosse comme un contre-fort contre le pied du Dos-d'Ane. Cette colline n'est pas formée de terrain rocheux; mais sa base est de la *moraine essentiellement argileuse*, qui a déjà donné lieu à bien des glissements de terrain. A cette moraine se superpose un *amoncellement de blocs jurassiques* couvrant tout le coteau jusqu'au Creux-du-Van; il s'étend en largeur depuis la Petite-Joux jusqu'au Chable de l'Eau et a été attribué par L. Du Pasquier à un *éboulement* tombé du Creux-du-Van après le retrait du glacier du Rhône qui a déposé la moraine sous-jacente. C'est cet amas de blocs qui a barré l'Areuse, en créant le lac dont nous avons parlé précédemment et qui, après l'assèchement de celui-ci, a empêché la rivière de creuser son nouveau lit sur l'emplacement de l'ancien lit préglaciaire. Celui-ci doit donc exister au-dessous de la colline de la Petite-Joux (voir fig. 1), à environ 80 m. au-dessous du niveau actuel de la rivière. Sa direction peut être supposée à peu près en ligne droite entre Vers-chez-Joly et le bas du Chable de l'Eau, d'où un angle presque droit le ramène au N.E., dans le sillon les Molliats-Champ-du-Moulin, qui coïncide bien avec le lit préglaciaire. Il paraît cependant possible que ce lit préglaciaire ait formé

un coude convexe du côté N.W., près du Plan de l'eau, où existe un grand amas morainique dans un enfoncement du flanc gauche de la vallée (La Ravière).

Tandis que le coteau de la Clusette est formé exclusivement de terrain rocheux, dans lequel l'Areuse, refoulée au N., a creusé un lit récent post-glaciaire, le flanc opposé, la colline de la Petite-Joux, est entièrement formé de terrain glaciaire et argileux, supportant la nappe de blocs calcaires. Au pied seulement de ce coteau se voit une faible bordure rocheuse, séparant le lit actuel de la rivière du sillon primitif, bien plus profond et obstrué par le remplissage morainique.

Les deux profils (voir fig. 1 et 2, pl. II) permettent mieux encore qu'une carte géologique de se rendre compte de cette situation et de reconstituer les événements qui ont conduit à la structure actuelle de cette partie remarquable de la vallée de l'Areuse.

La comparaison des profils I et II montre un fait qui ressort clairement de l'aspect que présente le flanc rocheux dominant le Furcil, lorsqu'on se trouve sur le coteau opposé, à la Petite-Joux. C'est le soulèvement progressif de l'axe de la chaîne dans la direction du N.E. La dalle nacrée (Callovien) qui existe à Noiraigue (725 m.), au niveau de la vallée, se trouve à la Clusette déjà à 840 m. Le sommet de l'anticlinal, dont on ne voit que la naissance du cintre, devait se trouver là, à près de 870 m. A Brot, à un kilomètre plus au N.E., son sommet devait s'élever à 920 m. environ.

L'escarpement de la Clusette qui termine l'hémicirque des Roches-Blanches offre, du haut en bas, les couches du Jurassique supérieur ou *Malm*, compre-

nant les étages Portlandien, Kimmeridgien, Séquanien et Argovien, puis la partie supérieure du Jurassique moyen ou *Dogger,* avec les étages Callovien (dalle nacrée) et Bathonien (couches à ciment et chaux hydraulique reposant sur le calcaire roux et les couches de Brot). La fig. 3, (pl. III) en donne les détails stratigraphiques et la disposition tectonique des couches.

L'Argovien supérieur, qui a ordinairement 100-150 mètres d'épaisseur, est réduit à la Clusette à 15-20 m. à peine, par suite d'un écrasement des couches au sommet du pli anticlinal du Bathonien et de la Dalle nacrée. Le flanc N. de ce pli est, dans les bancs durs, compliqué de plusieurs petits plis-failles.

C'est dans les couches du Bathonien supérieur, composées d'alternances de marnes et calcaires marneux, que se trouvent les exploitations souterraines indiquées dans le profil pl. III. Ces indications ne sont qu'approximatives, car les anciens travaux, aujourd'hui éboulés, n'ont jamais fait l'objet d'un relevé exact. L'exploitation est poursuivie, soit sur terrain communal de Noiraigue pour les usines Joly & Duvanel, soit sur terrain particulier et de l'Etat pour l'usine Leuba. On se rendra compte des vides considérables qui doivent exister à l'intérieur de la montagne jusqu'au delà de la route cantonale, lorsqu'on songe que le volume extrait annuellement a atteint ces dernières années plus de 30 000 m.^{3} et que l'on a commencé à exploiter dès 1858. Il est vrai que ces vides n'existent pas tous au-dessous des rochers aujourd'hui disloqués. Le territoire où se trouvent les exploitations communales est hors du rayon de l'éboulement qui menace actuellement. Les exploitations les plus actives de l'usine

Leuba ont été transportées depuis plusieurs années déjà plus à l'E. Ce sont d'anciens travaux abandonnés depuis assez longtemps, existant juste au-dessous de la « Roche taillée », qui ont commencé à s'ébouler dans le courant de la deuxième semaine de février, au moment même où des ingénieurs du service des ponts et chaussées étaient occupés à lever les plans des souterrains. Déjà dans le courant des années 1894 à 1896, des effondrements se sont produits dans la région occidentale du Furcil, du fait des exploitations des carrières souterraines sur le terrain communal. En 1896, il s'est même formé un entonnoir à la surface. La chute des plafonds a produit dans les souterrains, d'après ce qu'on m'a affirmé, un tel déplacement d'air que des pierres ont été projetées par le dit entonnoir. Par suite, la route cantonale s'est affaissée de 4-5 m. sur une cinquantaine de mètres de longueur, le long d'une fissure parallèle au front de la Roche taillée[1], formée de Dalle nacrée, dont une importante plaque s'est même éboulée. Aujourd'hui, cette partie du coteau est tout en décombres; cependant, elle n'a pas participé aux mouvements de terrain qui ont atteint récemment la partie E. de la Roche taillée. C'est là, par contre, qu'eut lieu en 1817 l'éboulement qui emporta l'ancienne route du Val-de-Travers à Rochefort. Cette route passait autrefois au pied de l'escarpement de la Roche taillée, en profitant de la corniche formée par les marnes sous-jacentes à la Dalle nacrée. La nouvelle route fut établie plus haut, en suivant le palier argovien.

[1] Ce nom provient de ce que, pour l'établissement de l'ancienne route, on avait taillé l'escarpement du haut en bas en lui donnant la forme d'une surface plane verticale.

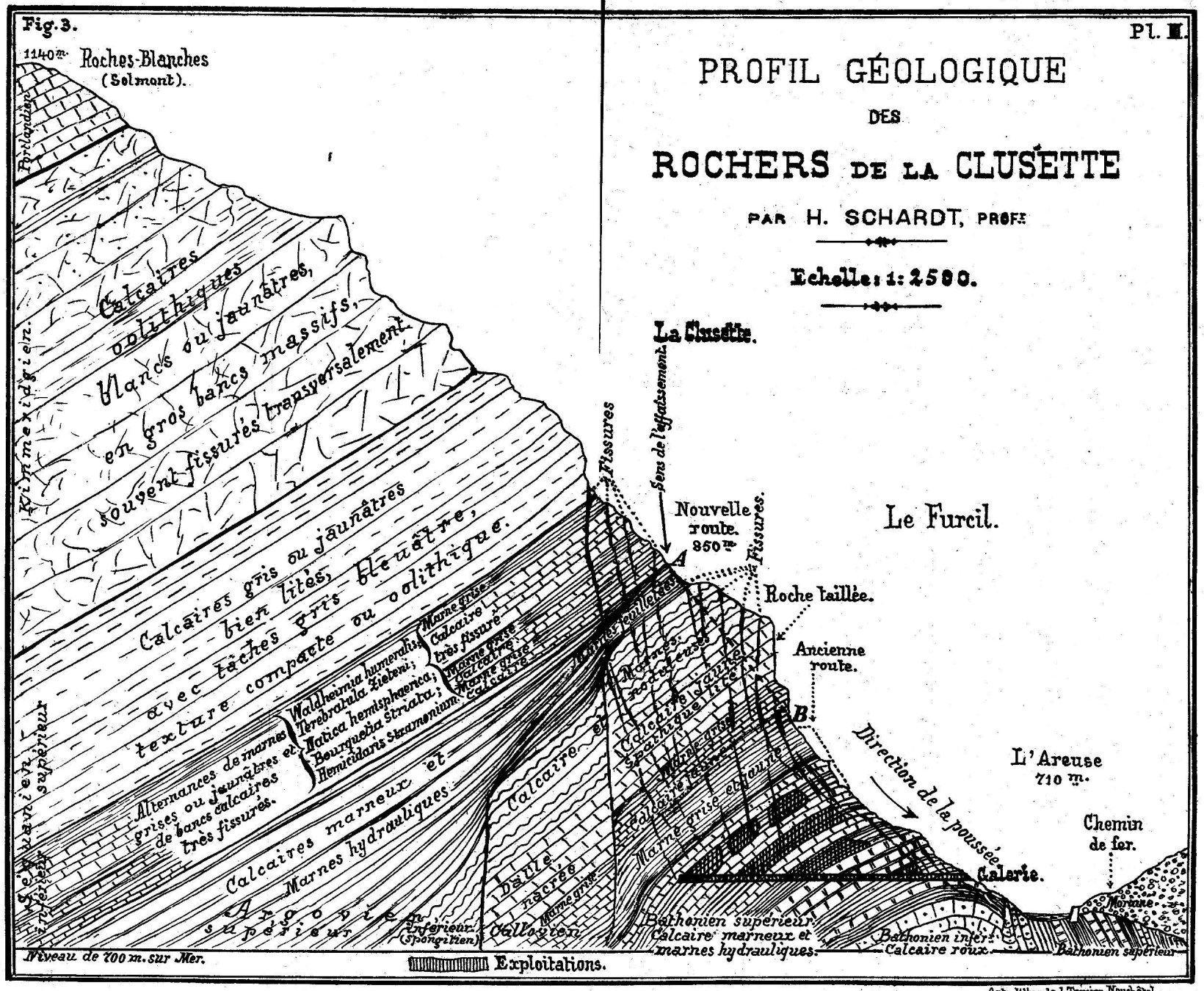
Fig. 3.

Pl. II.

PROFIL GÉOLOGIQUE
DES
ROCHERS DE LA CLUSETTE

PAR H. SCHARDT, PROF.

Echelle: 1:2500.



Auto-lithog. de J. Tercier, Neuchâtel.

VUE DES ROCHERS DE LA CLUSETTE ET DU REVERS DU FURCIL

D'après une photographie prise de la Petite-Joux.

Dessin de Mlle Maur. Borel.

Aujourd'hui, un nouveau désastre menace la route, la rivière, le chemin de fer, les usines et peut-être même les habitants riverains, soit en amont en cas d'obstruction de la rivière, soit en aval en cas de rupture de la digue. Les chutes des plafonds constatées dans les carrières souterraines pendant les journées du 5 et du 6 février n'étaient qu'un prélude, car le jeudi 7, des effondrements plus considérables se produisirent et la route cantonale, passant à environ 100 m. plus haut, dut être cancelée dès ce jour-là au soir. Des craquements se firent sentir dans toute la montagne. Des galeries, dans lesquelles on pouvait encore fort bien circuler le mardi, n'étaient plus praticables. Le mouvement s'est même continué *au-dessous du niveau* des galeries, jusqu'au bord de la rivière, où la maçonnerie de la prise d'eau de l'*usine du Plan de l'eau* est crevassée. La petite arête allant de ce point jusqu'au pied W. de la Roche taillée est partout crevassée; une petite galerie qui la traverse s'est éboulée en bonne partie et sa tête maçonnée rompue et déversée. Nous sommes donc en présence d'un mouvement général bien plus étendu que tous les précédents, ainsi que l'ont constaté les experts envoyés sur les lieux. Dix crevasses, dont une de 35cm d'écartement, étaient visibles sur la route sur une longueur de 130 m. Plusieurs de celles du bord vont se rejoindre en arc de cercle à environ 50 m. en amont de la route, où s'ouvre une crevasse de plus de 1 m. d'écartement. L'ensemble des crevasses circonscrit en arc de cercle la Roche taillée, qui est sillonnée elle-même de nombreuses fissures, tant longitudinales que transversales. (Voir pl. I et IV.)

La pire des éventualités pouvait être la chute subite, au moment du dégel, d'une grande partie de cette roche proéminente et disloquée, entraînant une partie du coteau sous-jacent également fissurée. Dans ce cas, aucun travail protecteur ne pouvait ni prévenir la chute, ni empêcher les dégâts de se produire. On pouvait par contre diminuer ceux-ci le plus possible, en ordonnant l'évacuation des maisons d'habitation du Furcil et de la Petite-Joux (situées dans la direction du coup de vent) et en instituant une surveillance étroite, jour et nuit, ce qui fut fait. On établit aussi des stations d'observation permettant de constater les moindres mouvements du sol et de suivre de près la marche des événements.

D'autre part, il fallait songer à faire des travaux en vue de remédier aux conséquences d'un éboulement total ou partiel, ou pour parer entièrement à cette menace. Mais l'auxiliaire le plus utile en pareille occurence est *le temps*.

Entièrement désarmé, en cas de chute totale ou partielle à brève échéance, on ne pouvait rien faire d'autre que d'aviser aux moyens de rétablir la circulation de la rivière, après l'obstruction de son lit. Le plus simple était alors de creuser un nouveau lit sur l'emplacement de l'ancien.

On avait bien pensé à créer un passage souterrain sur la rive droite. Ce moyen a même été recommandé avec persistance par un journal, mais on ne pouvait pas songer à un tel travail, étant donné la nature des terrains morainiques et mouvants sur la rive droite. Il aurait fallu bien des mois et des sommes impossibles à fixer d'avance pour mener à chef ce projet. Puis, placée au milieu d'un terrain argileux, une

galerie de ce genre, traversée par une eau torrentielle, n'était-elle pas toujours menacée de destruction? Et alors, le remède aurait été pire que le mal; c'était provoquer le glissement de tout le coteau de la Petite-Joux! Les experts ont également reconnu que de voûter la rivière était un travail trop long, de même que sa couverture par un blindage en fer, bois et terre, ou son remplissage par des tuyaux recouverts d'un blindage de bois et de terre.

Aucun de ces travaux ne pouvant se faire avant le dégel en perspective, il a fallu s'en tenir à un programme *escomptant le concours du temps*. En effet, si l'éboulement ne devait pas se produire au printemps pendant le dégel, ou ne revêtir qu'une importance peu grave, il y avait possibilité de mettre en pratique le moyen le plus efficace, le plus rationnel et en même temps le plus économique en pareil cas, dispensant de toute dérivation ou de recouvrement du cours d'eau: *c'est l'abatage artificiel du rocher menaçant.*

En vue de cela, il fallait avant tout recouvrir d'un blindage le canal des eaux motrices des communes du Val-de-Travers, puis construire une première assise d'un mur cavalier pour empêcher les matériaux exploités de tomber dans le lit de la rivière ou sur les constructions du Furcil. Ce cavalier serait formé d'un parement extérieur maçonné du côté de la rivière et aurait la forme d'une digue à 45° de talus, de manière à offrir le plus de résistance au choc des blocs. On rehausserait cette construction au fur et à mesure de l'exploitation du rocher.

Le talus moyen entre la route et la rivière n'étant que de 38° (1 $^1/_4$: 1) et le talus du sol au pied de la Roche taillée ayant moins de 30°, il y a possibilité de

loger sur ce talus tout le volume de la partie proéminente de la Roche taillée, en retenant les matériaux au pied par le dit cavalier. Le déséquilibre actuel du coteau rocheux étant le fait de la *surcharge* résultant de l'escarpement de la Roche taillée qui ne fait plus corps avec la montagne, il suffira d'abattre la partie en saillie jusqu'au talus moyen d'environ 45°, pour assurer à la totalité du coteau une stabilité suffisante. Car il ne faut pas oublier qu'il *ne s'agit pas d'un glissement de terrain,* mais d'*une chute de rocher* en préparation. C'est un rocher fissuré et en saillie qui presse sur son soubassement, également disloqué. Enlevons la surcharge et la stabilité sera rétablie. Mais, si l'on attend la chute spontanée, il se pourrait que le soubassement se détache avec le rocher et la masse de l'éboulement serait alors infiniment plus volumineuse.

En décapant la Roche taillée d'environ 50 000 à 100 000 m.^{3}, on arrivera à rétablir la stabilité, si bien même que la route pourrait éventuellement être reconstruite sur ce coteau. Le tassement qui s'est produit et qui se poursuit encore est un avertissement. Il faut en profiter et appliquer le seul et le plus sûr moyen de prévenir un désastre, c'est-à-dire de *provoquer artificiellement la chute fractionnée du rocher dangereux;* avant longtemps on sera maître de la situation et tout danger sera écarté, sans interruption définitive de la route, sans obstruction de la rivière, sans suspension du trafic du chemin de fer et sans inondation.

Le profil pl. III permet encore de se rendre compte de quelle manière, par l'affaissement des plafonds des souterrains et de la masse rocheuse sus-jacente, la pression a dû se reporter en grande partie sur

le talus extérieur, d'où le crevassement de celui-ci jusqu'au-dessous du niveau des souterrains. C'est donc bien l'action d'une *surcharge* qui constitue le danger. C'est cette surcharge qu'il faut supprimer. La situation est d'ailleurs aussi rassurante que possible. Le rocher n'est nullement humide, les glissements ne sont donc pas à craindre. Les vides, une fois comblés, le rocher, quoique disloqué, reprendra son assiette et le talus extérieur étant entre 40-45° ou peu supérieur, aura une stabilité suffisante.

En réalité, il a été abattu moins de 40 000 m.³ La partie proéminente du rocher a été décapée en grande partie; il reste cependant encore un petit escarpement au pied de la Roche taillée, d'où des blocs pourraient se détacher encore; mais il n'est guère probable qu'une très grande masse vienne à se détacher. Ainsi les travaux exécutés auront, espérons-le, un effet suffisant, bien que l'on ait dû procéder avec beaucoup de parcimonie, en ne faisant que le juste indispensable[1].

V

Nouveau gisement d'Albien à La Coudre, près Neuchâtel.

Communiqué dans la séance du 1er février 1901.

Situation du gisement.

Les travaux de construction du chemin de fer direct Neuchâtel-Berne ont amené une découverte extrêmement intéressante: celle de l'existence d'un lambeau

[1] La dépense s'est élevée au total de fr. 125 000.

de terrain *albien* reposant sur l'*Urgonien supérieur*, au-dessous du hameau de La Coudre, à 3 kilomètres au N.E. de Neuchâtel.

Déjà les sondages faits sur le tracé de la ligne avaient atteint au pied des murs de soutènement du vignoble au-dessous de La Coudre, sur le chemin même qui conduit de Monruz à Champreveyres (ancienne route cantonale), une couche de sable vert-jaunâtre. Il y avait deux sondages profonds de moins de 2 m. pratiqués de chaque côté du sentier rapide qui conduit à La Coudre. Les deux avaient atteint le même sable vert recouvert de moraine. Le mur du côté S.W. du sentier était même fondé sur ce sable, dans lequel je n'eus aucune peine à reconnaître (mars 1900) du grès vert albien, grâce à de nombreux *Dentalium Rhodani* et quelques fragments de moules phosphatés de Gastéropodes. En ce moment, on ne put voir sur quel terrain reposait l'Albien, car aucun des deux sondages ne l'avait traversé.

Je me promis donc de faire des observations suivies pendant la construction de la ligne, puisque le terrain devait être entamé en tranchée jusqu'à 6 m. au-dessous de la surface du sol. Du côté de Champreveyres, la profondeur prévue était encore plus grande; enfin, la tranchée devait aboutir à un tunnel de 160 m. de longueur passant au N. de la campagne de Champreveyres.

L'enfoncement de la tranchée, qui a commencé dès l'automne 1900 et a continué jusqu'au printemps 1901, m'a permis de procéder progressivement à de nombreuses constatations touchant à cet intéressant gisement, dont l'extension longitudinale est nettement limitée sur une longueur d'environ 300 m. Sauf sur

l'emplacement du mur déjà mentionné, qui fut fondé sur ce terrain, ce dernier était partout couvert de moraine argileuse avec galets striés dans le bas et graveleuse, riche en matériaux jurassiens, dans le haut.

J'ai recueilli au cours de ces travaux de nombreux fossiles appartenant tous à la partie inférieure de l'étage Albien proprement dit, soit au niveau des *grès verts à fossiles et nodules phosphatés*. Je dois à plusieurs de mes étudiants, MM. Modeste Clerc, Henri Spinner et Félix Béguin, une bonne partie des fossiles trouvés dans cet endroit et qu'ils ont bien voulu m'abandonner. Je leur témoigne ici ma sincère reconnaissance pour leur concours, d'autant plus précieux qu'il fallait pendant un petit nombre de semaines, en décembre et janvier, visiter le gisement presque chaque jour, car le matériel exploité servait à la construction d'un remblai près de Saint-Blaise; une fois exposés au gel, les fossiles déjà fortement atteints par le délitement, tombaient en miettes. Grâce à ces inspections fréquentes, j'ai pu réunir ainsi une assez nombreuse série d'espèces. Aujourd'hui, ce gisement est devenu presque invisible, sauf les apophyses que le grès et la marne bleue envoient dans les crevasses du calcaire urgonien. La partie située en amont de la voie a dû être déblayée au complet jusqu'à l'Urgonien à cause de sa tendance à glisser. Il ne reste donc pour ainsi dire plus rien de la couche proprement dite. Quant à la partie située en aval de la route, où le terrain est couvert de vignes, on n'en peut pas estimer l'extension. Il ne me semble cependant pas que l'Albien y atteigne une bien grande largeur, car à une faible distance on voit affleurer le calcaire urgonien

(ancienne falaise) suivi sur la grève d'une bordure de mollasse aquitanienne. (Pl. V, fig. 1.)

J'ai donc indiqué la situation de ce lambeau d'Albien sous forme d'un amas lenticulaire occupant une petite dépression à la surface de l'Urgonien supérieur. (Voir la petite carte géologique ci-contre qui a déjà figuré dans le fascicule Ier des *Mélanges géologiques*, note III, sur un décrochement entre Fontaine-André et Monruz.) C'est ce décrochement qui paraît précisément être la cause de la conservation de ce petit lambeau, en donnant naissance à un léger enfoncement à la surface du flanquement urgonien; c'est seulement dans le fond le plus excavé de cette dépression que le terrain si friable de l'Albien a pu être conservé. Ailleurs ce terrain, qui a dû avoir une extension beaucoup plus considérable, a été entièrement déblayé par l'érosion glaciaire, ainsi que l'atteste la présence des polis glaciaires à la surface du calcaire urgonien, partout où il a été mis à découvert. La coloration rouge de l'argile glaciaire au contact de l'Urgonien et des sables de l'Albien lui-même est due en bonne partie au remaniement des argiles de l'Albien supérieur, dont une faible épaisseur a même été conservée au-dessus des sables verts, dans la partie la plus épaisse du gisement.

La faune de l'Albien de La Coudre.

Malgré l'exiguité du gisement et sa disposition en forme de poche, il ne peut être question d'admettre un remaniement quelconque. La conservation des fossiles est absolument analogue à celle de tous les autres gisements du Jura, avec cette différence cepen-

dant que les moules phosphatés et les nodules, au lieu d'être à l'état de concrétions bitumineuses noires ou brun-foncé, comme à Rochefort, Combe-aux-Epines, La Presta, Sainte-Croix et Morteau, sont à

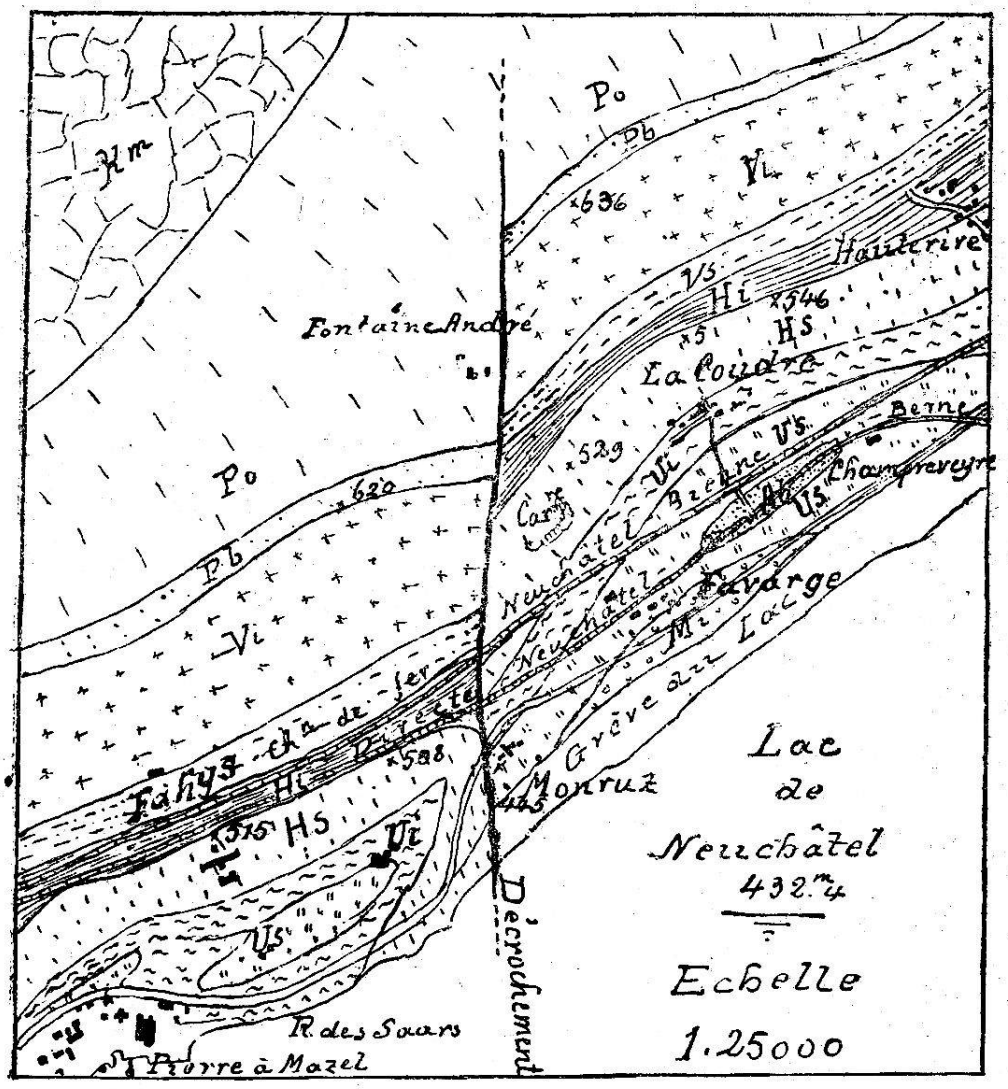


Fig. 1. Carte géologique du flanc de Chaumont entre Fontaine-André et Monruz, montrant la situation du gisement albien de La Coudre.

ABRÉVIATIONS :

Mi, Mollasse aquitanienne.
Ab, Albien.
Us. Urgonien supérieur.
Ui, Urgonien inférieur.
Hs, Hauterivien supérieur.
Hi, Hauterivien inférieur.
Vs, Valangien supérieur.
Vi, Valangien inférieur.
Pb, Purbeckien.
Po, Portlandien.
Km, Kimmeridgien.

l'état de phosphate non bitumineux bleu-grisâtre ou rosé. En cela ils ressemblent absolument aux fossiles de la Perte du Rhône, près Bellegarde (Ain).

Quant au groupement des genres et des espèces, la comparaison avec la faune que nous avons fait connaître du gisement de Rochefort[1] montre plus d'une analogie. Cependant il n'est pas prouvé par cela que les deux gisements aient fait partie d'une même couche qui se serait étendue par dessus le premier pli du Jura (Chaîne de Chaumont-Montagne de Boudry) jusqu'au synclinal de Rochefort. C'est une question sur laquelle il y aura lieu de revenir après étude des conditions locales du gisement.

Les fossiles dont la liste suit ont été recueillis exclusivement dans le grès vert, notamment à la base de celui-ci; la couche d'argile rouge qui surmontait le grès sur une faible surface et épaisseur s'est trouvée absolument stérile.

VERTÉBRÉS.

Odontaspis gracilis, Pict. et Camp., dent, — 2[2].
Polyptychodon, Pict. et Camp., dent, (Pl. V, fig. 1). — 1.
Pycnodus aff. *Couloni*, Ag., dent, — 1.
Sphærodus neocomiensis, Ag., dents, — 4.

MOLLUSQUES CÉPHALOPODES.

Belemnites minimus, List. — 1.
Nautilus Clementinus, d'Orb. — 2 fragments.

[1] Bull. Soc. neuch. des sc. nat. 1900, t. XXVIII, p. 153.
[2] Les chiffres placés à la suite des noms indiquent le nombre d'échantillons trouvés.

N. albensis, d'Orb. — 1 ex. incomplet.
Acanthoceras mamillatus, Schloth. — 4 fragments.
A. Milleti, d'Orb. — 2 fragments.
Desmoceras latidorsatus, Mich. — 1.
Hoplites sp. Empreinte; peut-être *H. interruptus?*

MOLLUSQUES GASTÉROPODES.

Cerithium excavatum, Br. — 1.
C. tectum, d'Orb. — 1.
Turritella cf. *Faucignyi*, Pict. et Rx. — 1.
Scalaria Clementi, d'Orb. — 3.
S. Dupini, d'Orb. — 5.
S. Rhodani, Pict. et Rx. — 3.
S. canaliculata, Sow. — 1 fragment.
Natica gaultina, d'Orb. — 5.
N. excavata, Mich. — 5.
N. truncata, Pict. et Rx. — 11.
Pleurotomaria Gibbsi, Sow. — 1 fragment.
Turbo Gresslyi, Pict. et Rx. — 1.
T. munitus, Forbes. — 1.
T. Goleziensis, Pict. et Rx. — 2.
Trochus (nov. spec.).—1 avec test fort bien conservé.
Pterocera bicarinata, Desh. — 4.
Aporrhais bicornis, Pict. et Camp. — 1.
A. carinella, d'Orb. — 1.
A. obtusa, Pict. et Camp. — 34.
A. Orbignyi, Pict. et Rx. — 6.
A. genevensis, Pict. et Rx. — 1.
A. marginatus, Sow. — 1.
Fusus Fiziensis, Pict. et Rx. — 1.
F. Clementinus, Sow. — 1.
Murex bilineatus, Pict. et Camp. — 1.

MOLLUSQUES SCAPHOPODES.

Dentalium Rhodani, Pict. et Rx. — 25.

MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES.

Gastrochæna sp. — 2.
Panopæa acutisulcata, d'Orb. — 8.
Mactra gaultina, Pict. et Rx. — 1.
Venus Vibrayi, d'Orb. — 1.
V. compacta, de Lor. — 4.
V. Raulini, Cott. — 5.
Cyprina regularis, d'Orb. — 3.
C. crassicornis, Ag. — 3.
C. quadrata, d'Orb. — 1.
C. angulata, Sow. — 1. (= *C. Ervyensis,* Leym.)
Cardium Constantii, d'Orb. — 1.
Fimbria (Sphæra) corrugata, Sow. — 1.
Lucina Sanctæ Crucis, Pict. et Camp. — 2.
Opis Hugardi, d'Orb. — 6 fragments.
Cardita Dupini, d'Orb. — 2.
C. rotundata, Pict. et Rx. — 2.
Crassatella (?) sp. — 1.
Trigonia aliformis, Park. — 6.
T. Constantii, d'Orb. — 1.
T. carinata, Ag. — 1.
Nucula ovata, Mant. — 2.
N. pectinata, Sow. — 1.
Arca glabra, Park. — 2.
A. obesa, Pict. et Camp. — 6.
A. carinata, Pict. et Rx. — 5.
A. Campichei, Pict. et Rx. — 1.
Inoceramus Coquandi, d'Orb. — 2.
I. concentricus, Park. — 6.

Pecten Raulini, d'Orb. — 1.
P. Dutemplei, d'Orb. — 1 fragment.
Lima Itieri, d'Orb. — 3.
Plicatula inflata, Sow. (= *Pl. radiola,* d'Orb.) — 11.
Exogyra arduennensis, Sow. — 6.
E. canaliculata, Sow. — 7.
E. aquila, Brogn. (= *E. Couloni,* Defr.) — 1 et plusieurs fragments.

BRACHIOPODES.

Rhynchonella Deluci, Pict. — 7.

POLYPIERS.

Euhelia expansa, Koby. — 1.

Caractères stratigraphiques et nature du gisement d'Albien de La Coudre.

Au moment le plus actif du travail d'excavation de la tranchée qui devait faire disparaître notre gisement d'Albien, on a pu faire des observations très importantes sur sa nature et ses relations avec le terrain sous-jacent.

En venant le long de la tranchée dans la direction de Monruz à Champreveyres, on pouvait voir d'abord que du côté de Monruz la moraine de fond, argilo-sableuse avec galets striés, repose directement sur le calcaire urgonien, dont la partie supérieure, formée par un calcaire jaune plus ou moins spathique, portait de superbes polis glaciaires. Ce placage de calcaire jaune correspond peut-être au facies rhodanien, mais aucun fossile ne m'a permis de le constater positivement. A 50 m. au S.E. du sentier montant à La Coudre se montraient les premières traces du

dépôt de Gault sous forme d'argiles sableuses bleu-verdâtre reposant directement sur du calcaire blanc et remplissant d'innombrables craquelures dans celui-ci. Le calcaire jaune à aspect rhodanien n'y existait plus, et la question se pose s'il a été enlevé ou s'il forme plutôt un facies local de l'Urgonien.

D'après ce qu'il m'a été possible de constater, l'excavation qui contient le dépôt albien est en bonne partie due à l'érosion, donc il y a forte apparence que le calcaire jaune a été enlevé sur ce point par l'érosion préalbienne, ainsi que cela ressort du profil. (Pl. V, fig. 3.)

La coupe, à l'échelle de 1 : 1000, que nous donnons ici (pl. Ia, fig. 3) représente aussi fidèlement que possible la situation de ce lambeau et de ses prolongements jusqu'à l'entrée du tunnel de Champreveyres, entre les km. 37 800 et 38 050. La partie la plus épaisse du dépôt se trouvait entre les km. 37 970 et 37 900, sur l'emplacement d'un enfoncement très nettement accusé, car, à partir du sentier montant à La Coudre, la surface de l'Urgonien s'élève très sensiblement. A part cela, les couches urgoniennes offrent un plongement général vers le lac (S.E.) d'environ 10°, localement un peu plus. (Pl. V, fig. 1 et 2.) Au tunnel de Champreveyres, on mesure même 20° de plongement S.E.

Le dépôt d'Albien se composait très nettement de deux assises. Une *couche inférieure de sable glauconieux vert ou vert-bleuâtre,* passant au jaune-vert dans la partie supérieure. C'est ce sable qui renferme les fossiles en assez grand nombre disséminés dans toute la masse. Tous ces fossiles sont à l'état de moules phosphatés blancs ou grisâtres. Les Brachiopodes seuls et quelques rares Gastéropodes ont conservé le test ou des

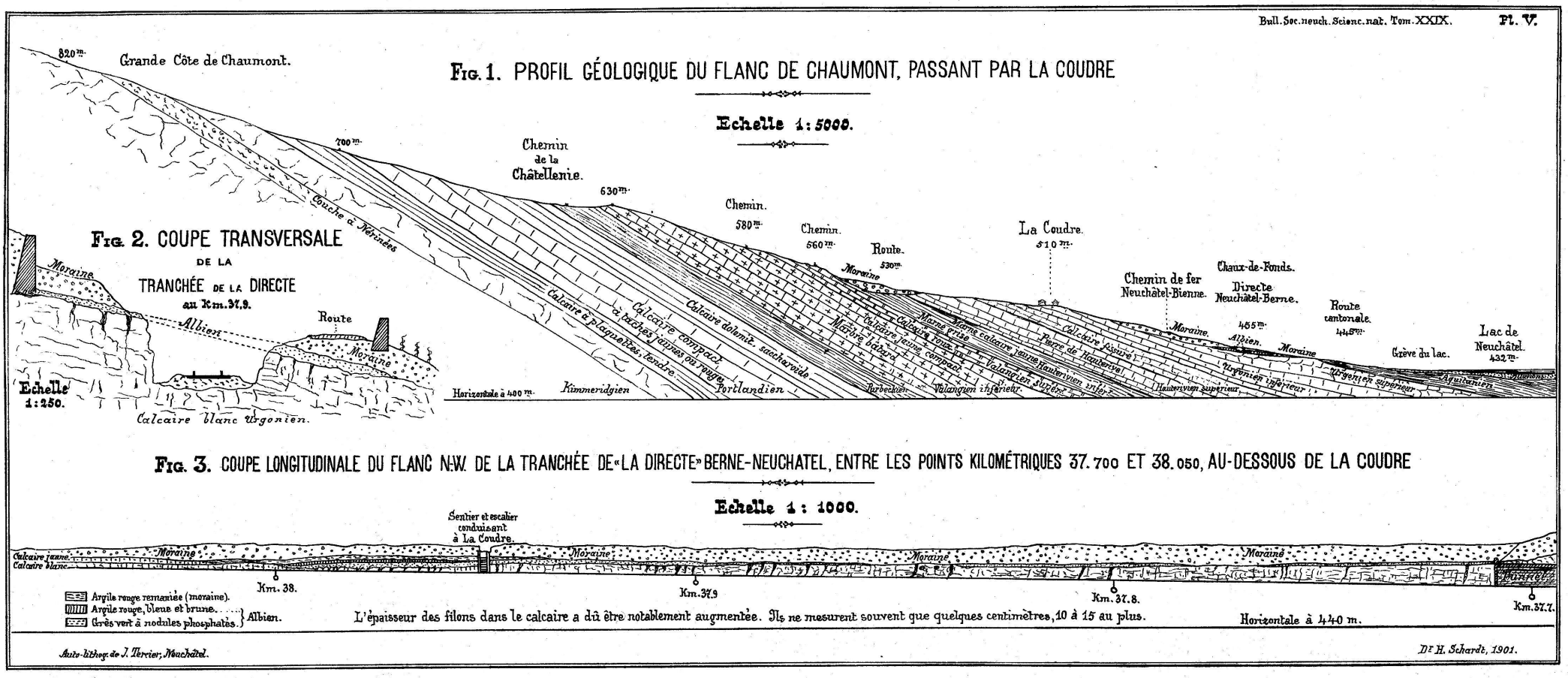


Fig. 1. PROFIL GÉOLOGIQUE DU FLANC DE CHAUMONT, PASSANT PAR LA COUDRE
Echelle 1:5000.
820m.
Grande Côte de Chaumont.
700m.
Chemin de la Châtellenie.
630m.
Chemin.
580m.
Chemin.
560m.
Route.
530m.
La Coudre.
510m.
Chemin de fer Neuchâtel-Bienne.
Chaux-de-Fonds.
Directe Neuchâtel-Berne.
455m.
Route cantonale.
445m.
Grève du lac.
Lac de Neuchâtel.
432m.
Couche à Hérissées
Calcaire compact à traches jaunes ou rouges
Calcaire à plaquettes, tendre.
Calcaire dolomit. saccharoïde.
Marne dure
Calcaire jaune compact.
Calcaire rouge
Marne grise
Marne calcaire jaune
Pierre de Hauterive
Calcaire fissuré
Moraine
Albien.
Urgonien inférieur
Urgonien supérieur
Aptien
Horizontale à 400 m.
Kimmeridgien
Portlandien
Barbechien
Valangien inférieur
Valangien supérieur
Hauterivien inférieur
Hauterivien supérieur
Fig. 2. COUPE TRANSVERSALE DE LA TRANCHÉE DE LA DIRECTE au Km. 37.9.
Moraine
Route
Albien
Calcaire blanc Urgonien.
Echelle 1:250.
Fig. 3. COUPE LONGITUDINALE DU FLANC N.W. DE LA TRANCHÉE DE «LA DIRECTE» BERNE-NEUCHATEL, ENTRE LES POINTS KILOMÉTRIQUES 37.700 ET 38.050, AU-DESSOUS DE LA COUDRE
Echelle 1:1000.
Sentier et escalier conduisant à La Coudre.
Calcaire jaune.
Calcaire blanc.
Moraine
Km. 38.
Km. 37.9
Km. 37.8.
Km. 37.7.
Argile rouge remaniée (moraine).
Argile rouge, bleue et brune.
Grès vert à nodules phosphatés.
Albien.
L'épaisseur des filons dans le calcaire a dû être notablement augmentée. Ils ne mesurent souvent que quelques centimètres, 10 à 15 au plus.
Horizontale à 440 m.
Auto-lithog. de J. Tercier, Neuchâtel.
Dr H. Schardt, 1901.

traces de celui-ci. Cette couche de sable vert contient en outre de nombreux nodules phosphatés, également de couleur claire. Ils sont surtout nombreux à la partie inférieure de la couche, au contact avec l'Urgonien, en particulier dans les inégalités de la surface de ce terrain. Localement, le grès vert est encore rempli de grains de quartz translucides ou noirs de 2-4^{mm} de diamètre. La plus grande épaisseur du grès vert ne dépasse pas 1^{m},50. Sur une longueur d'environ 50-60 m., son épaisseur était d'environ 1 m., puis du côté S.W., la couche se perd entre la moraine et l'Urgonien. Du côté N.E., par contre, on pouvait la suivre sur plus de 200 m. de longueur, mais avec une épaisseur très réduite, de quelques centimètres seulement, et souvent même interrompue, formant alors de petits amas remplissant quelque anfractuosité du substratum urgonien. En dehors du dépôt albien, la surface du calcaire urgonien est invariablement couverte de polis glaciaires.

Sur toute cette longueur, il a été possible de constater la présence de fossiles albiens phosphatés. Actuellement encore on peut, dans cette partie de la tranchée, qui n'est pas murée, jusqu'au tunnel de Champreveyres, constater la présence de cette traînée de sable albien. La partie la plus intéressante du gisement, à proximité du sentier et de l'escalier montant à La Coudre, est malheureusement totalement maçonnée ou déblayée. Dans cette partie, la plus profonde de la dépression dans l'Urgonien, il y avait au-dessus du grès vert encore 50-60^{cm} d'une *argile rouge-foncé*, localement flambée de bleu ou de gris-verdâtre, ayant tout à fait l'aspect des argiles de l'Albien supérieur à fossiles pyriteux. Malgré de minutieuses recher-

ches, il nous a été impossible de découvrir dans cette couche la moindre trace de fossiles, pas même un *Corbula gaultina* qui pourtant n'y manque presque jamais ailleurs. Cependant, on sait que les argiles bariolées de l'Albien sont souvent absolument stériles.

Enfin, au-dessus de cette formation s'étend uniformément la *couverture morainique* qui transgresse de part et d'autre en venant reposer directement sur l'Urgonien, soit du côté de Monruz, soit du côté de Champreveyres.

Le côté le plus intéressant de ce gisement d'Albien réside dans le contact avec l'Urgonien sous-jacent. Ce calcaire blanc ou blanc-jaunâtre, oolithique et spathique, offre une surface *absolument irrégulière et visiblement corrodée*. Le sable vert avec ses fossiles et les nodules phosphatés *remplit d'innombrables excavations et fissures dans le calcaire urgonien*. Ce dernier est entièrement crevassé et certaines crevasses assez larges pénètrent à une très grande profondeur, bien au-dessous de la tranchée. Elles sont toujours remplies de grès vert, de sable argileux bleu-verdâtre et d'argile bleue, jaune ou brune. Sans la connexion directe de ces remplissages avec l'Albien reposant sur l'Urgonien, *on les prendrait, sans autre, pour des remplissages sidérolitiques*, comme ceux de Gibraltar (dans le Hauterivien supérieur) et ceux du Mont de Chamblon (dans le banc inférieur du Hauterivien supérieur) qui sont manifestement des remplissages résultant de la lévigation du calcaire glauconieux du Hauterivien supérieur le long du parcours d'anciens passages d'eaux souterraines[1].

[1] Voir Bull. Soc. neuch. sc. nat. 1899, t. XXVII, p. 3.

L'analogie va même plus loin, car toutes ces cheminées que nous avons constatées dans la tranchée de La Coudre présentent, comme celles de Belle-Roche et de Chamblon, des traces manifestes de *corrosion hydrochimique*. Les fragments de calcaire, qui se rencontrent empâtés dans ces remplissages argileux ou sableux, portent également à leur surface les traces de corrosion manifeste par dissolution. Ces remplissages sont en outre en connexion directe avec le dépôt argilo-sableux à fossiles albiens qui recouvre l'Urgonien. A l'orifice des cheminées, on trouve souvent des fossiles et des nodules phosphatés; ceux-ci descendent à une certaine profondeur, mais je ne les ai pas observés au delà de 1 à 2 m. Les gros grains de quartz translucides qui se rencontrent dans le grès vert s'associent aussi aux nodules phosphatés à l'orifice des cheminées et à l'intérieur de celles-ci. Autour de celles-ci, et en général au contact avec l'Urgonien, le grès vert englobe de nombreux fragments ordinairement aussi corrodés de ce dernier terrain.

Mais il y a encore un autre fait qui mérite notre attention : la surface de l'Urgonien, toute bosselée qu'elle est et malgré la netteté des formes de corrosion dont elle est sculptée, est criblée de trous cylindriques, dus à des coquilles perforantes. Le sable remplit la plupart de ces perforations, sans aucun autre terrain intermédiaire. Souvent on trouve dans ces excavations des nodules ou des fossiles, mais rarement les mollusques qui ont creusé les trous.

Discussion des faits constatés.

Il résulte de ce qui précède que nous avons affaire à un lambeau rudimentaire d'une couverture albienne ayant occupé une surface probablement beaucoup plus grande, sans qu'il soit cependant possible d'affirmer sa connexion directe avec d'autres gisements, en se représentant l'extension d'une nappe continue de Gault par dessus les plis du Jura. Il paraîtrait plutôt probable que cette formation s'est déposée le long des principaux synclinaux, déjà ébauchés au début de l'époque médio-crétacique. Le dépôt de La Coudre appartiendrait à une zone qui pénétrait dans le synclinal de Voens-Enges et sur le flanc extérieur du pli de Chatollion ou dans la direction de Cornaux. L'érosion glaciaire l'a réduit à l'étendue que nous lui connaissons aujourd'hui. Il est certain en tout cas qu'il se poursuivait plus au N., puisque nous avons trouvé un exemplaire d'*Inoceramus sulcatus* à Cressier, dans la moraine recouvrant le Valangien supérieur. M. Rollier[1] a signalé en outre, également à l'état erratique, près de Cornaux, le *Turrilites Puzozi* qui indiquerait le Vraconnien (calcaire et grès glauconieux.)

Le dépôt d'Albien de La Coudre n'est en tout cas pas une formation remaniée, mais bien un dépôt contemporain des organismes dont il contient les restes à l'état de nodules phosphatés. Il n'est pas moins évident qu'il est également contemporain des remplissages argilo-sableux verts, jaunes et bruns avec fragments corrodés qui pénètrent dans l'Urgonien

[1] Eclogæ geol. helv. V, 1898, 517.

sous-jacent, en suivant des crevasses aux parois également corrodées. Il en découle avec évidence en première ligne que bon nombre des remplissages décrits comme appartenant à la formation sidérolitique ne sont pas éocènes ou oligocènes, comme on l'a cru, mais beaucoup plus anciens, soit d'âge crétacique. C'est cette hypothèse que j'exprimais déjà dans ma notice sur les remplissages de Belle-Roche (Gibraltar) *avant de connaître le gisement albien de La Coudre.* Ce dernier est venu confirmer pleinement cette conjecture.

Mais une seconde question se pose ici : *Quelle est la relation génétique entre le dépôt albien et les remplissages dans l'Urgonien sous-jacent?* La conséquence de l'hypothèse que je déduisais des constatations et expériences faites à propos du gisement de Gibraltar, à savoir que les remplissages argilo-sableux, dits sidérolitiques, *sont le résultat de la lévigation des calcaires encaissants et sous-jacents,* pourra-t-elle trouver aussi son application à propos du gisement de La Coudre, qui est *certainement* d'âge albien? Car, dans ce cas, ne faudrait-il pas admettre que le matériel argilo-sableux de l'Albien est, lui aussi, le produit de la lévigation du terrain sous-jacent, Urgonien, Hauterivien, Valangien, etc.? Ou bien le matériel composant la sédimentation albienne est-il d'une provenance différente, non emprunté par conséquent aux terrains sous-jacents? Dans ce cas, les remplissages ne seraient dus qu'à la pénétration de ces sédiments, si meubles, dans des fissures préexistantes, simples crevasses ou cheminées de corrosion souterraine.

Cette question a, comme on le voit, une grande importance. Mais elle est plus complexe qu'elle ne le

paraît au premier abord, parce que, quelle que soit l'hypothèse que l'on admette quant à la relation entre le dépôt albien et les remplissages du calcaire sous-jacent, il faut aussi expliquer l'origine des nodules phosphatés et des moules internes des fossiles également à l'état phosphaté, puis la provenance des *grains de silice, translucides ou noirs brillants*, qui donnent parfois à l'Albien inférieur l'aspect d'un conglomérat. (La Presta, Les Rousses, etc.)

Si notre première hypothèse est vraie, il y aurait à examiner si les grains de quartz translucides, ainsi que les nodules phosphatés n'ont pas aussi une origine endogène comme nous le supposons pour la matière argileuse multicolore et les sables verts quartzeux et glauconieux. Si non, il faudrait admettre que la sédimentation albienne s'est produite dans une mer capable de précipiter toutes ces matières, si elles n'ont pas été importées de loin par des courants marins.

A première vue, il semble que l'identité parfaite des remplissages de Belle-Roche et de Chamblon avec celui de La Coudre ne laisse guère subsister de doute quant à leur origine endogène. Ces sables verts et ces argiles bariolées sont le résidu de la dissolution des roches encaissantes et sous-jacentes, ainsi que je l'ai démontré directement par la dissolution dans de l'acide chlorhydrique dilué d'un fragment de calcaire glauconieux encaissant les filons de Belle-Roche.

Les grains et nodules de quartz ou de calcédoine translucides ou noirs brillants ne peuvent également pas avoir une origine différente. *Les dépôts et remplissages sidérolitiques en renferment presque toujours;* la

dissolution des calcaires de tout âge sur le parcours de sources actuelles en produit également de tout à fait semblables, que l'on trouve au fond des poches d'eau dans des grottes. Lorsque des travaux souterrains amènent la vidange de réservoirs souterrains, le sable grossier entraîné par l'eau se compose presque exclusivement de grains de silice brillants, tandis que le sable quartzeux fin et la matière argileuse jaune, rouge (*terra rossa*) ou gris-bleuâtre restent en suspension et se déposent plus loin.

Le matériel qui compose le dépôt albien de La Coudre *peut donc être considéré comme provenant exclusivement de la lévigation des terrains sous-jacents. Il a été amené là par les cheminées mêmes qui en sont encore remplies; celles-ci débouchaient sur le fond de la mer albienne.*

La présence des nodules phosphatés en plus grand nombre autour des orifices des cheminées pourrait faire penser à une *origine également endogène du phosphate de calcium.* On aurait pu supposer que l'eau acidulée (CO_2) sous pression peut extraire des terrains traversés le phosphate tricalcique qui s'y rencontre souvent dans la proportion de quelques pour cent, en le rendant soluble sous forme de phosphate monocalcique; puis, par la décomposition de celui-ci en présence de carbonate de chaux neutre, il se formerait une précipitation de phosphate insoluble par concrétion à l'état de nodules. Une expérience faite au moyen d'un sodor m'a prouvé que le phosphate tricalcique n'est pas plus soluble dans l'eau saturée d'acide carbonique que dans l'eau distillée pure. On n'obtient dans les deux cas aucun précipité avec le molybdate d'ammoniaque, mais une simple coloration

vert-jaunâtre, indiquant une quantité non dosable d'acide phosphorique. *Je ne pense donc pas que l'on doive attribuer aux nodules phosphatés une origine interne par extraction des roches traversées.* L'énorme accumulation de débris de mollusques est par contre une indication bien évidente où il faut chercher l'origine de cette matière. La matière organique de ces animaux, autant que leurs coquilles, contient des sels phosphatés. La disparition presque constante des coquilles, les empreintes négatives des coquilles laissées à l'intérieur des nodules, prouvent les phénomènes de dissolution d'une part et de précipitation par concrétion d'autre part, qui ont eu lieu au sein de ces dépôts pendant et après l'enfouissement des restes d'animaux dans les sables. D'innombrables animaux ont dû disparaître de cette manière avec leurs coquilles, *sans laisser aucune trace.* Leur protoplasme et leurs coquilles ont fourni le phosphate composant les nodules qui ont eux-mêmes souvent englobé des coquilles, dissoutes ensuite à leur tour.

L'émission de sources sous-marines fortement saturées d'acide carbonique a peut-être été la cause principale de cette réaction chimique. Elle a pu avoir encore une autre conséquence en influençant très directement la vie organique dans la mer albienne. *Autour des orifices de ces sources sous-marines l'eau de mer devait être fortement diluée et d'autant plus toxique pour les animaux marins par la présence de l'acide carbonique en excès.* Cette circonstance ne serait-elle pas justement la cause de la forte accumulation de restes fossiles dans certains gisements albiens, dans le facies sableux surtout qui devait se former autour des orifices des sources, tandis que le facies argileux et vaseux,

bien plus pauvre en fossiles, se déposait plus loin de ceux-ci? La petite dimension de ces animaux est peut-être aussi en relation avec cette circonstance. Ils furent tués avant d'avoir atteint leur complet développement.

Sans doute, on objectera que l'Albien présente le facies des grès verts non seulement dans la localité que nous venons d'examiner, mais dans la zone du Jura tout entière, dans les Alpes calcaires, autant que dans la Champagne et en Angleterre, où, au surplus, il s'étend même dans le Néocomien en occupant des surfaces incompatibles, semble-t-il, avec ce mode de formation.

L'hypothèse que je viens d'émettre et que j'ai indiquée déjà en 1899 dans ma notice citée plus haut, peut s'appliquer certainement au Jura et à une grande partie des Alpes calcaires limitrophes. Ces régions ont subi à l'époque médio-crétacique une phase de soulèvement à laquelle a succédé un affaissement amenant la transgression cénomanienne. Mais cette transgression ne fut pas générale, elle a coïncidé avec le premier plissement et s'est, dans le Jura du moins, restreinte aux synclinaux, tandis que les anticlinaux néocomiens, absolument dénudés, pouvaient subir l'effet de l'érosion chimique de l'eau de pluie devenant bientôt une corrosion souterraine, amenant par émissions sous-marines dans la mer albienne les limons argileux de teintes variées, les sables siliceux et glauconieux avec les grains de quartz. *L'Albien sableux et argileux serait donc une sorte de sidérolitique crétacique.*

L'érosion puissante entre la fin de la formation urgonienne et le dépôt de l'Albien est évidente autant

à Rochefort, dans les gorges de l'Areuse, qu'à La Coudre. La sédimentation paraît avoir été, par contre, ininterrompue au Val-de-Travers et à Sainte-Croix, où existe le facies rhodanien.

Je reconnais l'importance de l'objection déduite de l'extension horizontale énorme du facies argilo-sableux et glauconieux des dépôts crétaciques dans d'autres régions. Mais les dépôts sidérolitiques tertiaires n'atteignent-ils pas une extension non moins grande, de même que les marnes flambées et rubanées avec les sables alternants de l'Oligocène supérieur qui en sont la continuation? L'une et l'autre sont des formations exclusivement terrigènes, dont les matériaux sont empruntés par érosion superficielle et souterraine aux terres calcaires émergées du voisinage.

On constatera en outre que *le facies glauconieux et sableux du Crétacique succède toujours à une phase d'émersion, comme le prélude d'une transgression. Sa formation dépend donc des mouvements tectoniques du sol, partant des phénomènes d'érosion qui peuvent en résulter !*

La question que j'ai essayé d'élucider par l'étude des remplissages de Gibraltar et par le lambeau d'Albien de La Coudre est une de celles qui préoccupent depuis longtemps les géologues, sans être arrivée encore à une solution définitive.

Si la piste que j'ai cru devoir suivre n'est qu'une fausse route, il faudrait rechercher ailleurs la provenance des matériaux non seulement de l'Albien, mais aussi du Sidérolitique. En faisant venir *de la surface* tous ces remplissages, il ne restera pas moins vrai que ces matériaux, *étant d'origine terrigène, doivent provenir quand même de l'érosion de terrains préexistants, ce qui est prouvé par la présence de fossiles de couches plus ancien-*

nes[1], qui sont tantôt de même âge ou d'âge plus ancien que les terrains encaissants ou sous-jacents. Puisque tous ces matériaux doivent leur existence à l'érosion d'un terrain préexistant, je ne vois pas quelle difficulté il y aurait à supposer cette érosion sous forme d'une érosion superficielle ou sous forme d'une érosion souterraine amenant *directement* dans la mer les matériaux résiduant de la corrosion des calcaires traversés. Le problème est donc fort peu modifié. L'action souterraine me paraît d'autant plus nécessaire que l'on ne saurait se représenter remplies par en haut des crevasses, comme celle de Chamblon, qui se trouvent *au-dessous d'une couche de marne néocomienne*. De plus, cette formation souterraine est attestée encore par l'*état d'oxydation du fer*.

Ces limons bleus, verts, etc., ainsi que la glauconie elle-même, sont des combinaisons à protoxyde de fer qui deviennent rapidement jaunes lorsqu'elles sont exposées à l'air. Si donc elles provenaient de la surface, leur couleur ne serait pas la même.

L'alternance de marnes bleues et jaunes ou rouges qui se rencontrent dans l'Albien, dans le Sidérolitique et dans les dépôts oligocènes de la Suisse, est peut-être en relation avec l'action alternante de la sédimentation par corrosion souterraine et par corrosion superficielle. Toutefois, il faut aussi reconnaître que *la corrosion souterraine ne produit pas nécessairement des*

[1] J'ai trouvé dans l'argile jaune remplissant l'une des fissures sous le dépôt albien une *Terebratula acuta*, Ag., qui a été certainement amenée de la profondeur. De plus, les dents de *Sphærodus neocomiensis*, Ag., et de *Pycnodus Couloni*, Ag., trouvées dans le grès vert sont si ressemblantes avec celles du Hauterivien supérieur qu'on est tenté d'admettre leur remaniement; plusieurs exemplaires sont de plus visiblement roulés.

limons à base de protoxyde de fer. Très souvent ces limons sont rouges ou jaunes; cela dépend du calcaire qui les a fournis. Mais les limons terrigènes bleus ou verts sont presque toujours des produits d'une corrosion souterraine, n'ayant pas été exposés à l'action oxydante de l'air.

La question pourrait encore être posée d'une autre manière, en admettant que tous ces sédiments de l'Albien fussent des produits d'une *précipitation hydrochimique* ou même dus *à l'action biologique de certains microorganismes, ainsi qu'on l'avait admis parfois pour la glauconie.* Cependant, je ne saurais me figurer un océan ou un golfe dans lequel il ne se déposerait, d'après ce procédé, que des grains de silice de divers volumes jusqu'à la grosseur d'une noix, des sables glauconieux et des argiles bleues, rouges ou brunes.

Je soumets donc ces observations et les réflexions qui s'y rattachent à ceux que de tels problèmes peuvent intéresser. Que je sois dans le vrai ou dans l'erreur, il y aura toujours quelque chose de gagné pour la science !

VI

Calcaire tertiaire discordant sur l'Urgonien près de Gorgier.

Communiqué dans la séance du 12 avril 1901.

Dans la tranchée du chemin de fer au N.E. de Chez-le-Bart, on observe un contact très intéressant entre l'Urgonien supérieur et un terrain tout aussi compact que lui, appliqué en discordance et en trans-

gression sur la tête des couches urgoniennes coupées obliquement du côté du ravin de Gorgier.

La tranchée, longue de 100 m., entame le terrain rocheux sur une profondeur maximale de 5 m. environ, entre les km. 57 460 et 57 560. En venant du N.E., on trouve d'abord du calcaire oolithique compact blanc plongeant de 12-15° au S.E., du côté du lac. Comme les couches forment ici en même temps un léger bombement, la tranchée pénètre dans des bancs de plus en plus profonds. Au calcaire blanc, épais de $2^m,50$, succède un lit de calcaire jaunâtre, séparé du précédent par un délit marneux. Il a $2^m,80$ d'épaisseur. Un nouveau délit marneux le sépare d'une autre assise de calcaire blanc compact, de $3^m,50$ d'épaisseur visible. Ces différentes couches offrent sur la tranche verticale du côté montagne de la tranchée un plongement N.E. de 5-10°.

A l'extrémité S.W. de la tranchée, on voit la stratification disparaître en apparence, et sur les bancs du calcaire urgonien vient se superposer, avec un plongement de 12° S.W., une assise de calcaire blanc brèchiforme et noduleux très intimement lié au calcaire urgonien. Il n'est que légèrement plus blanc que celui-ci et n'était l'absence de stratification concordante, on ne le distinguerait guère du calcaire urgonien. Plus d'un géologue passerait à cet endroit, où pourtant la roche est très bien à découvert, sans se douter que sur le prolongement du calcaire urgonien se trouve un tout autre terrain.

C'est un *calcaire blanc, à aspect crayeux,* mais très dur, dans lequel on distingue de très petits grains de forme oolithique qui sont englobés dans une pâte à grain encore plus fin. Cette roche contient par zones,

surtout vers la base et à la surface, des *galets urgoniens* formant un véritable poudingue. Il y en a jusqu'à la grosseur d'une tête d'enfant. Ces galets sont en général peu roulés, irréguliers, mais aux angles nettement arrondis.

Le croquis ci-dessous représente l'aspect de ce curieux gisement.

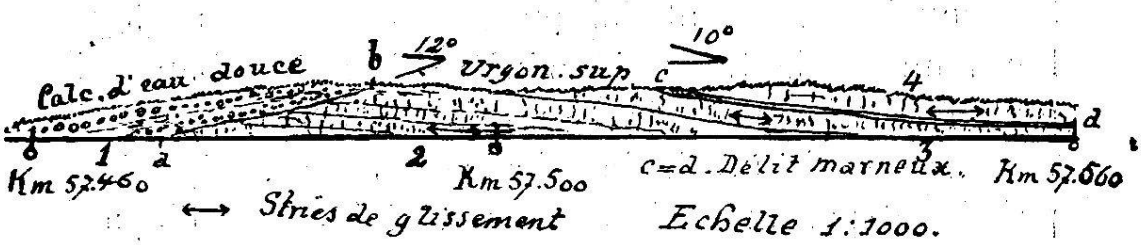


Fig. 2. Profil de l'Urgonien supérieur et du calcaire à galets urgoniens dans la tranchée du chemin de fer au N.E. de Chez-le-Bart.

LÉGENDE:

1. **Calcaire d'eau douce noduleux avec galets urgoniens.**
2. **Calcaire blanc compact très fissuré.**
3. **Calcaire jaune compact.**
4. **Calcaire blanc oolithique.**

Aucun fossile n'a pu être découvert jusqu'ici dans ce singulier terrain.

Il est évident que c'est une formation déposée là après que le ravin de Gorgier fut déjà créé. Est-ce un dépôt d'eau douce, ainsi que sa ressemblance avec les calcaires limnaux aquitaniens à *Helix Ramondi* de Trois-Rods sur Boudry nous engage à l'admettre? Nous ne saurions l'affirmer, car cette roche manque également de l'odeur bitumineuse au choc si caractéristique pour les terrains d'eau douce. Cependant, le calcaire de Trois-Rods ne possède pas non plus ce caractère.

Est-ce peut-être un calcaire plus ancien, comme le calcaire à *Limnæa longiscata* de la vallée de Joux?

Pour l'instant, nous penchons fortement pour l'équivalence avec le calcaire à *Helix Ramondi* de Trois-Rods. Cette formation en bancs épais ayant au total 10-15 m. est assez répandue à la surface du Néocomien. Elle existe aussi au Val-de-Ruz, où un puits pour la recherche d'eau, près de Chézard, l'a traversée sur plus de 5 m. d'épaisseur avant d'atteindre la marne rouge qui sépare le calcaire tertiaire du Néocomien. Ce dernier calcaire contient le *Helix Ramondi* et des *Planorbes,* comme à Boudry.

Je pense donc que la formation de la tranchée de Chez-le-Bart est un *dépôt littoral d'eau douce formé dans le même lac que les calcaires de Trois-Rods,* mais dans le voisinage de l'embouchure d'un ruisseau charriant des galets urgoniens. Les formations tertiaires du Jura ont succédé à une longue émersion du pays. Cela est prouvé par l'absence complète de l'Eocène ou Tertiaire ancien. C'est alors que s'est creusé le ravin dans l'Urgonien supérieur. L'envahissement du lac oligocène marque un mouvement d'affaissement; la nappe d'eau stagnante envahit les coteaux émergés, le ravin est submergé par le lac et se remplit de graviers. La stratification inclinée de ceux-ci est peut-être bien primitive, puisqu'il s'agit d'une sédimentation submergée et non d'un charriage subaérien purement torrentiel.

VII

Coupe de la mollasse aquitanienne de la colline de Marin.

Communiqué dans la séance du 9 mai 1901.

La colline qui s'étend de Marin à Wavre, entre la dépression parcourue par la Thièle et le vallon du

Loclat, est formée en partie de terrains tertiaires, en partie de moraine. Les premiers en constituent le sous-sol rocheux. Ce sont des bancs admirablement stratifiés, où alternent des grès tendres, des marnes sableuses, des marnes argileuses, jaunes, grises, bleuâtres, noires ou violacées et même souvent d'un rouge vif. La fréquence de cette dernière couleur a même valu à cette formation le nom de *mollasse rouge* (Aquitanien). C'est avec ce même caractère que récemment cette formation a été mise à découvert dans le village même de Saint-Blaise, un peu à l'ouest de l'église[1]. Le plongement général de la mollasse rouge de la colline de Marin est dirigé au S.E. de 10-12° en moyenne.

Le tracé du chemin de fer la Directe Berne-Neuchâtel a coupé cette colline par une tranchée et un tunnel entre les km. 34200 et 35200. Le tunnel est situé dans la partie la plus profonde de la tranchée, entre les km. 34825 et 34875; il a donc 50 m. de longueur. Cette longue entaille, qui a dans son milieu 12-15 m. de profondeur, a permis de constater que sur le flanc tourné vers le Jura la mollasse vient presque à fleur du sol, couverte seulement par une faible couche détritique empruntée à son propre matériel. Dès le faîte de la colline percé par le petit tunnel, un manteau d'une épaisseur croissante de moraine se superpose à la mollasse, et au km. 34725 la mollasse disparaît entièrement sous la moraine au fond de la tranchée. C'est de la moraine argileuse grise avec superbes galets striés presque exclusive-

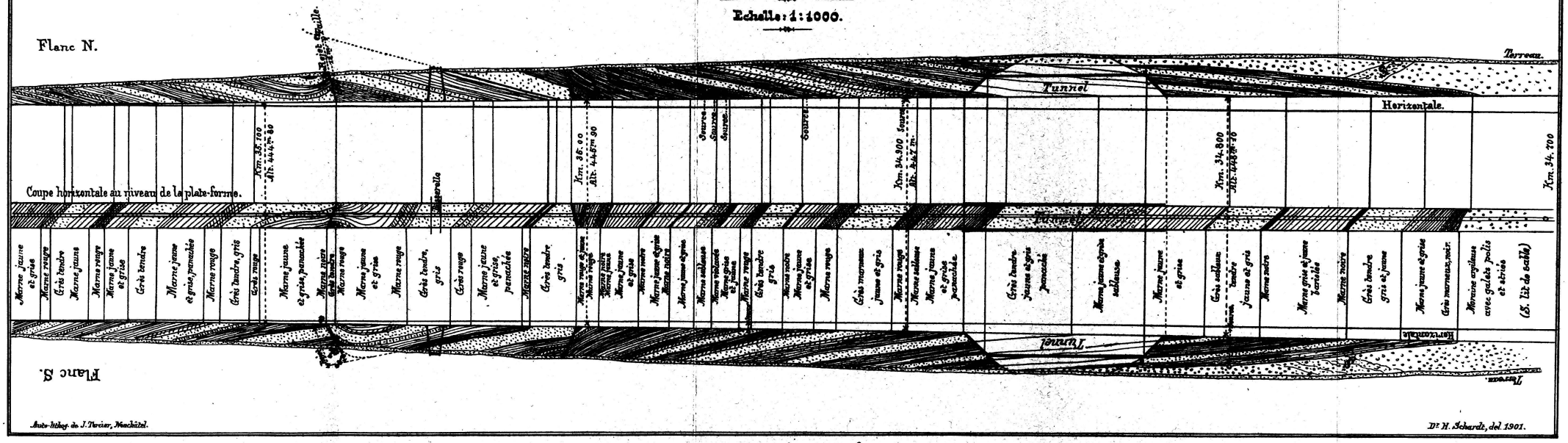
[1] Une fouille pour une construction a de nouveau mis à découvert ce terrain en amont de la route cantonale, près des premières maisons du village, en venant de Neuchâtel (mars 1902).

Bull. Soc. Neuch. Scienc. nat. T. XXIX. Pl. VI.

COUPE GÉOLOGIQUE DE LA MOLLASSE AQUITANIENNE DANS LA TRANCHÉE ET LE TUNNEL DE LA COLLINE DE MARIN

(CHEMIN DE FER « DIRECTE BERNE-NEUCHATEL »)

Echelle: 1:1000.



Autr-litho. de J. Tavier, Neuchâtel.

Dr H. Schardt, del. 1901.

ment alpins. Je n'ai reconnu que quelques très rares galets jurassiens. Localement, il y a des intercalations de graviers et de sables lavés et stratifiés.

La partie de la tranchée entaillée dans la mollasse entre les km. 34 725 et 35 200 offre un intérêt tout spécial, grâce à la netteté avec laquelle on y peut étudier la composition des couches aquitaniennes, mais surtout parce que ces couches, qui semblent en apparence si régulièrement inclinées en lits parallèles vers le S.E., offrent sur deux points un dérangement tout à fait surprenant. Ce sont deux petites failles qui coupent les couches suivant un plan voisin de la verticale aux km. 35 005 et 35 079. Le rejet de ces deux dislocations est inverse. La faille au km. 35 079 accuse un rejet correspondant à un affaissement de 12-15 m. de la part de la lèvre W. de la rupture. Chez la faille aux km. 35 005, c'est la lèvre E. qui paraît affaissée, en sorte que le massif intermédiaire, large de 74 m., paraît surélevé. Cette coupe, si admirablement visible au moment du creusement de la tranchée, n'aura qu'une durée éphémère, car elle ne tardera pas à se couvrir d'une couche de délitement et de végétation. Il m'a donc paru important de la relever en détail, surtout pour bien fixer la position et la valeur du rejet des deux failles. Le résultat de ce travail est représenté dans la pl. VI.

Les deux coupes, en haut et en bas, donnent l'aspect des deux flancs N. et S. de la tranchée en projection sur un plan vertical parallèle à la voie. La coupe horizontale au milieu représente la succession des couches au niveau de la plateforme de la voie.

Il n'y a pas lieu de détailler la succession des couches observées; les indications portées sur la planche

peuvent suffire pour donner une idée de la composition stratigraphique et pétrographique de ce terrain. Je noterai seulement qu'il m'a été impossible de découvrir la moindre trace d'un fossile. Cependant, certaines couches de marne grise ayant affleuré sur la grève du lac près de Saint-Blaise et de Monruz, ont fourni des moules de *Helix*. (Collection Jaccard.)

Quelques mots seulement sur la nature des deux failles. Celle du km. 35 005 est la plus nette. Elle correspond à un plan de rupture plongeant de 70-75° E.N.E. Les couches du côté W. plongent de 5° seulement au S.E.; du côté E., elles plongent de 50-40° dans la même direction, indiquant ainsi nettement que c'est ce côté qui s'est affaissé (si ce n'est le côté W. qui s'est soulevé?). La valeur du rejet ne peut pas être fixée exactement, parce que la surface du terrain étant entièrement aplanie par l'abrasion glaciaire, aucun escalier ou gradin de faille n'est visible. L'absence du côté E. de l'une des couches visibles sur la coupe du côté W. ne permet pas de déterminer par construction la valeur du ressaut. Il est en tout cas supérieur à la profondeur de la tranchée (9 m.). Une traînée de marne rouge appliquée le long de la surface du décrochement indique encore que le côté E. est descendu par rapport au côté W. Sauf la légère obliquité par rapport à la normale à l'axe de la tranchée, l'un des flancs présente ici l'image spéculaire presque exacte de l'autre. Toutefois, l'affaissement est un peu plus fort sur le flanc S. que sur le flanc N.

La faille près du km. 35 079 présente des conditions assez différentes. Sa trace d'intersection avec la plateforme de la voie accuse une direction convergente avec

la précédente. Elle doit s'entrecroiser avec la première à environ 150 m. au N. de la tranchée, si les deux se continuent en ligne droite dans cette direction. Son plongement n'est pas le même sur les deux flancs de la tranchée. Sur le flanc S., elle accuse un plongement W. de 70° et sur le flanc N., elle plonge à l'E. de 78°. De plus, les couches de la lèvre E. décrivent sur le flanc S. un bombement en forme de voûte nettement dessiné par un banc de grès tendre. Sur le flanc N., par contre, les couches plongent du côté de la lèvre E. très régulièrement à l'E., tandis que celles de la lèvre W. sont fortement redressées (environ 50°) en décrivant un synclinal avec leur plongement normal. De ce repli des couches de la lèvre N., le flanc S. de la tranchée n'offre aucun indice. Il y a donc ici asymétrie complète entre les deux flancs de la tranchée de part et d'autre de la faille. La seule chose que les deux ont en commun, c'est que le rejet s'est effectué dans le même sens; sur le flanc N., l'affaissement apparent est un peu moindre que sur le flanc S., ce qui résulte apparemment de l'obliquité de la direction des couches par rapport à l'axe de la voie. La valeur du rejet a pu être déterminée constructivement sur les deux flancs, grâce à la présence de part et d'autre de la fissure d'une couche facile à reconnaître. Ce sont deux feuillets de marne noire séparés par une marne gris-jaune supportant un banc de grès tendre de 3 m. d'épaisseur. Sur le flanc N., le rejet sans le retroussement des couches de la lèvre E. est de 12 m., longueur *c b*, avec le retroussement (les couches étant considérées comme plongeant normalement au S.E. jusqu'au contact de la faille au point *a*), on trouve un rejet de 17 m. exactement, soit la longueur *c a*. Sur le

flanc S., on arrive absolument aux mêmes chiffres, soit respectivement 12 et 17 m., suivant qu'on tient ou non compte du retroussement de la lèvre E. de la rupture, soit les longueurs *e d* ou *e f*. Le sens du mouvement est indiqué aussi par de la marne entraînée dans la fissure de la faille, surtout sur le flanc S.

Il est difficile de se rendre compte des circonstances qui ont présidé à la formation de ces deux failles. La plasticité des couches tertiaires les rend en général fort peu propres à être faillées. Il faudrait pouvoir les suivre à la surface sur une certaine longueur de part et d'autre de la tranchée et relever leurs allures par rapport aux dislocations du Jura voisin.

Il est tout aussi remarquable de constater que l'un des flancs de la colline de Wavre-Marin est presque dénudé de formations glaciaires, alors que l'autre, le flanc S.E., en offre une nappe épaisse. Cette dernière est d'ailleurs de la *moraine de fond* de la grande extension des glaciers alpins, ce qui ressort de la rareté des galets provenant du Jura.

La colline mollassique de Marin-Wavre a encore une autre signification. La dépression du Loclat entre Saint-Blaise et Cornaux n'est autre chose qu'un ancien passage de la Thièle, qui fut obstrué par des alluvions glaciaires du Jura, descendus notamment par le ravin du Mortruz, entre Cornaux et Cressier. Ce barrage n'est que de quelques mètres plus élevé que le niveau de la Thièle. Le Loclat de Saint-Blaise est un dernier tronçon de ce lit obstrué de l'ancienne Thièle. Ne recevant aucun affluent superficiel à fort charriage, il tarde à se combler et ne succombera probablement qu'à l'envahissement de la tourbe.

VIII

Sur les dunes éoliennes et le terrain glaciaire des environs de Champion et d'Anet.

Communiqué dans la séance du 14 juin 1901.

Lors d'une excursion avec mes étudiants aux environs de Champion et d'Anet, en juin 1900, je fus frappé de voir s'élever au milieu de la plaine tourbeuse qui s'étend du pied de Jolimont jusqu'au Lindenhof plusieurs petites éminences boisées. Je m'attendais à trouver là des pointements d'anciennes digues morainiques non entièrement recouvertes par le colmatage qui a séparé les trois bassins lacustres de Neuchâtel, de Bienne et de Morat.

Quelle ne fut pas ma surprise de constater que ces petites collines, qui portent sur la carte les noms de Dählisandhubel et d'Islerenhölzli, étaient formées d'un sable absolument pur, nullement limoneux ou argileux, d'un grain extrêmement uniforme, offrant une stratification enchevêtrée bien nette, telle que la sédimentation aquatique ne la produit jamais.

Je ne connais qu'un seul agent capable de produire un tel dépôt, c'est le transport aérien.

Ces collines, dont la situation est indiquée sur la petite carte, fig. 3, doivent être des dunes éoliennes produites par le vent du Nord-Est.

Elles sont alignées exactement du N.W. au S.E., formant une ligne brisée entre le cordon du Dählisandhubel et celui de l'Islerenhölzli. Le talus du côté du N.E. est beaucoup plus doux que celui du S.W.;

c'est donc du N.E. qu'a soufflé le vent qui a entassé les matériaux. C'est du côté S.W. aussi que sont ouvertes les exploitations de sable qui permettent de se rendre compte de la composition et de la structure de cet intéressant dépôt.

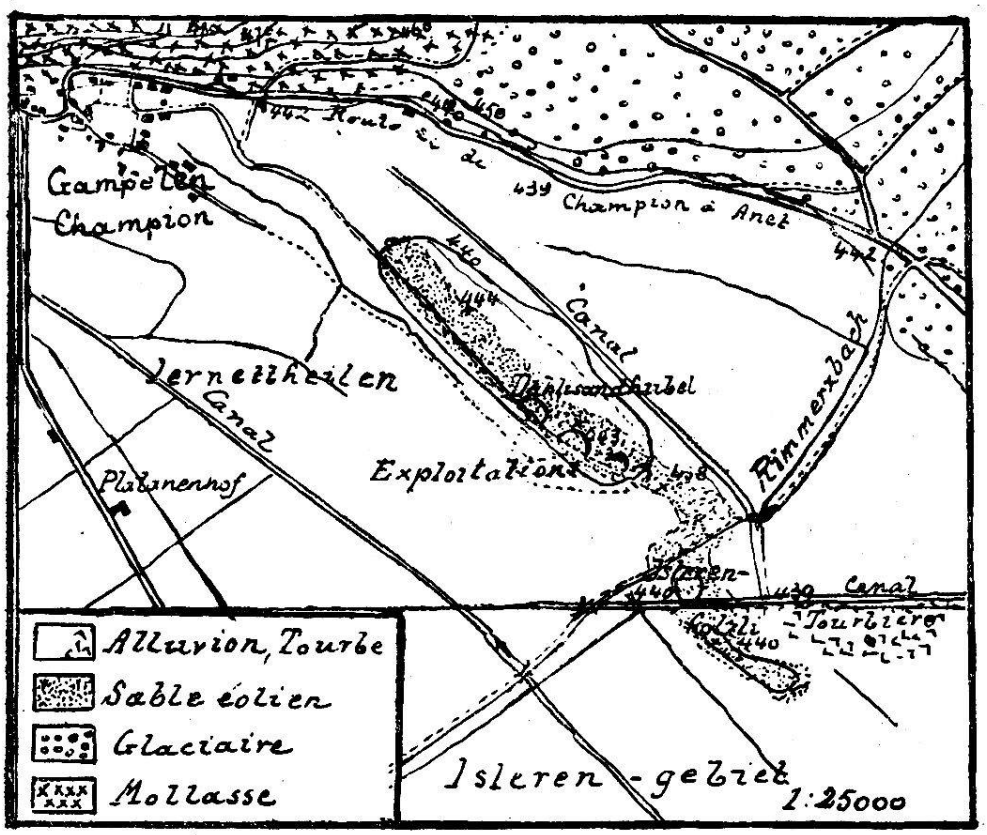


Fig. 3. Carte montrant la situation des dunes de Champion.

Le sable, entassé légèrement, est parcouru dans toute son épaisseur de tubes calcaires provenant de racines de végétaux. C'est donc pendant que la surface fut couverte de gazon que l'entassement s'est continué, en forçant la végétation de s'élever toujours plus pour regagner une nouvelle surface et en abandonnant dans la profondeur les anciennes racines. Ces tubes sont souvent incrustés de matière calcaire tuf-

feuse. Localement on voit des concrétions de plus grandes dimensions. Le sable, quoique non aggloméré en général, se maintient fort bien en taille verticale et forme dans les exploitations des parois de 4-5 m. de hauteur, sans risquer de s'ébouler. En cela ce dépôt ressemble — abstraction faite du grain qui est ici plus grossier — absolument aux dépôts de Lœss de la vallée du Rhin (fig. 4).

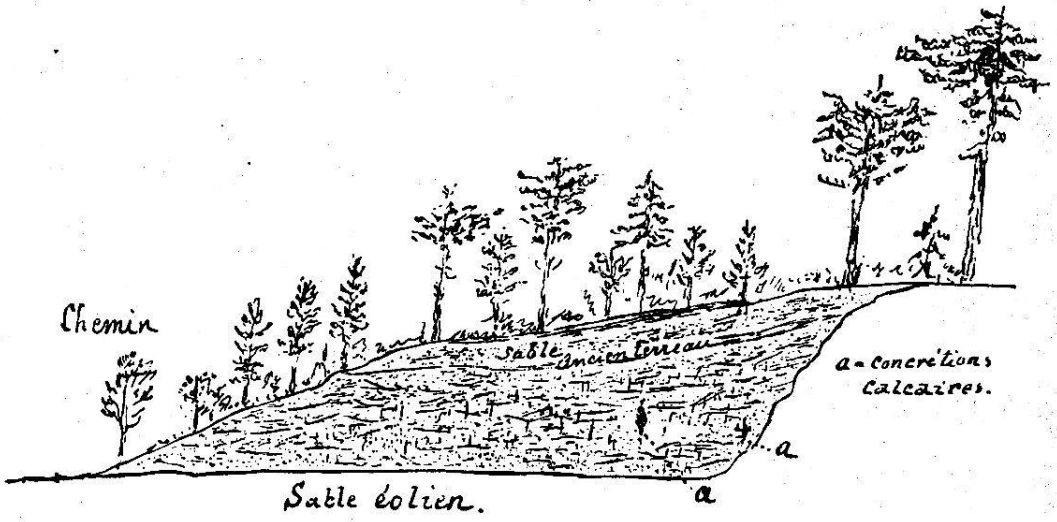


Fig. 4. Exploitation de sable au Dählisandhubel.

Echelle 1 : 200.

Les grains de sable ont en moyenne des dimensions qui ne dépassent que rarement 0,15-0,20^{mm}; les plus gros grains atteignent 0,50-0,60^{mm}. J'ai constaté un seul grain de 1^{mm},05. Sous le microscope, on y reconnaît des grains de couleur jaune, opaques, et des grains translucides; les premiers sont les plus gros et toujours nettement arrondis, tandis que les petits grains translucides et biréfringents sont anguleux et esquilleux, souvent en plaquettes de clivage. On y reconnaît des grains à cassure irrégulière (quartz) et d'autres en lamelles, avec clivage très net, souvent

mâclées (feldspath). Par ci par là, il y a quelques paillettes de mica.

La lévigation fait perdre à ce sable environ 2 % de matière argileuse. Il contient un peu moins de 40 % (exactement 39,95 %) de carbonate de chaux. Après traitement avec de l'acide chlorhydrique dilué, il reste une quantité plus forte de matière argileuse (5 %), et, dans le sable restant (55 %) les gros grains jaunes opaques ont pour la plupart disparu. C'était donc du calcaire quelque peu argileux.

Actuellement, la formation de ces dunes est complètement arrêtée. La végétation arborescente de Pins (Dailles, d'où Dählisandhubel, colline sableuse des Dailles) ne s'est établie que depuis la stabilisation des dunes. Le sable éolien se continue d'ailleurs au-dessous de la tourbe, ainsi qu'on peut s'en assurer dans la tranchée de la Directe qui coupe la colline de l'Islerenhölzli entre les km. 28 760 et 29 025. La tranchée entame la crête de deux dunes qui s'enfoncent de part et d'autre sous la tourbe; la petite dépression entre deux est également occupée par de la tourbe.

Donc la tourbe est de formation postérieure. Toute cette plaine devait être primitivement sableuse, parsemée de dunes. En ce moment le lac devait être plus bas qu'aujourd'hui. L'élévation du niveau de l'eau souterraine (phréatique), ensuite d'une hausse peu considérable peut-être du niveau du lac, a transformé la plaine en une vaste lagune ou mare que la tourbe a peu à peu envahie et comblée. Le drainage opéré artificiellement ensuite, avec l'abaissement général des eaux des trois lacs, a transformé le terrain tourbeux en sol cultivable.

La formation de ces dunes doit être en relation étroite avec la présence au N. d'Anet d'importants dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires. Ces dépôts sont devenus admirablement visibles par la grande exploitation qui a été ouverte récemment près de la gare d'Anet et d'où a été tiré presque tout le ballast pour l'établissement de la plateforme de la Directe.

Ces dépôts se composent d'une couche, d'environ 12 m. d'épaisseur au-dessus du niveau de la plaine, de graviers fluvio-glaciaires avec stratification inclinée de 35° au S.E. Ce terrain repose probablement sur de

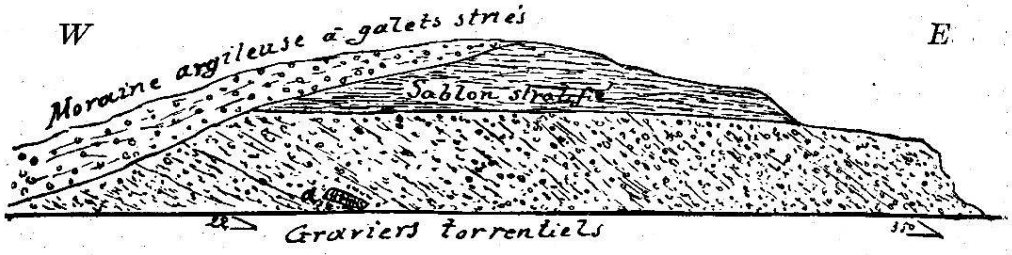


Fig. 5. Coupe de la gravière près de la gare d'Anet.

la moraine de fond. Il est remarquable par l'abondance (40-50 %) de galets jurassiens. Comment s'expliquer la présence, à cette distance du Jura, d'un dépôt aussi riche en galets jurassiens, séparé qu'il est au surplus de cette chaîne par la colline de Jolimont? C'est manifestement un delta immergé, ce qui est prouvé encore par la superposition aux graviers torrentiels d'un dépôt de sablon stratifié d'aspect franchement lacustre. Donc le torrent provenant du Jura se jetait dans un lac qui a plus tard immergé le delta en le recouvrant de ses sédiments. Mais il y a mieux : sur le dépôt torrentiel et le limon lacustre s'applique du côté W. un placage de moraine argileuse avec galets striés, dont quelques jurassiens! (Fig. 5.)

Il semble donc s'agir d'une formation interglaciaire, datant probablement de la dernière époque interglaciaire. Le cône de déjection se rattache sans doute à la phase de fusion du glacier pendant le retrait du glacier alpin.

Il m'est difficile pour le moment de m'expliquer comment ces graviers ont pu passer par dessus la dépression du lac de Bienne et de la plaine de la Thièle, car leur altitude atteint 460 m., donc presque 30 m. au-dessus du niveau du lac de Bienne. On ne saurait donc les attribuer à un cours d'eau ordinaire qui n'aurait pas pu franchir cette dépression sans y déposer au préalable tous ses matériaux de charriage. Faut-il admettre qu'il s'agit d'un torrent glaciaire qui descendait du glacier alors qu'il s'était déjà formé une rupture dans la grande nappe de glace, déchirure occupée par de l'eau, sorte de grand lac de barrage, dans lequel se jetait un torrent glaciaire en y déposant un cône de déjection. Le retour du glacier aurait, après avoir rehaussé le niveau du lac, amené ensuite la formation de la couche de moraine profonde. Cela ressemble singulièrement aux conditions qui ont produit ce que j'ai nommé la phase de récurrence des glaciers jurassiens, qui a dû se produire à chaque période de retrait du glacier alpin.

L'intervention d'un torrent glaciaire paraît prouvée par la présence au milieu des graviers torrentiels d'un grand bloc erratique de gneiss sericitique (point marqué *a* fig. 5).

J'attire sur cette question l'attention de tous ceux que ce problème pourrait intéresser.

Comme qu'il en soit, la présence de ces importants dépôts fluvio-glaciaires, de la couche très étendue de

sablon surtout, a dû nourrir le charriage éolien et donner lieu ainsi à la formation des dunes que nous venons de décrire. Une partie de ce limon a peut-être été emprunté à la surface délitée des collines tertiaires, entièrement dénudées après le retrait des glaciers.

IX

Sur un dépôt tufacé dans la combe des Fahys, près Neuchâtel.

Communiqué dans la séance du 14 juin 1901.

Les sondages faits en vue de l'établissement de la ligne directe Neuchâtel-Berne ont montré que le fond de la combe des Fahys, creusée, comme on sait, sur l'emplacement de la marne hauterivienne, est formé

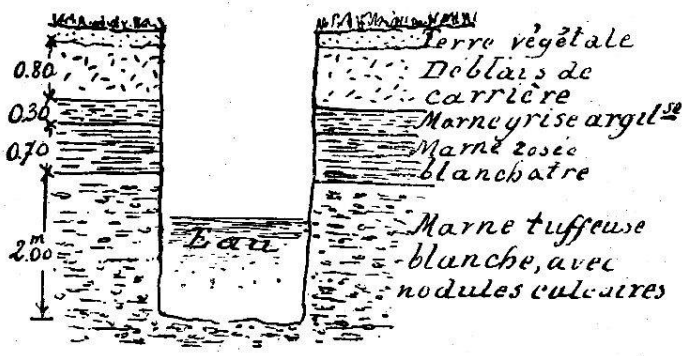


Fig. 6. Coupe du dépôt tufacé terreux de la combe des Fahys.

dans la partie N., près de Monruz, par un dépôt tufacé assez épais, bien qu'aucune eau ne coule plus dans cette dépression (sauf quelques petites sources que la tranchée a mises au jour). Ce dépôt s'étend aussi du côté N. du ravin de Monruz; la tranchée de

la Directe l'a entamé sur une centaine de mètres de longueur. Il résulte probablement, comme le tuf crayeux de Cressier, de la lévigation de la moraine, composée ici surtout de matériaux jurassiens. Un puits de sondage fait au N. du patinage, entre la colline du Mail et le chemin des Mulets, a révélé la coupe représentée par la fig. 6, p. 155.

Cette formation est, comme on le voit, assez énigmatique. Elle pourrait s'être formée dans un lagot ou étang, bien que ni sa composition, ni son aspect ne rappellent les dépôts de craie lacustre qui se trouvent si souvent au-dessous des dépôts tourbeux de vallons du Jura. Il faudrait admettre l'existence momentanée d'un barrage à cet endroit.

J'ai constaté dans cette formation plusieurs espèces de mollusques terrestres appartenant à des genres aimant les gazons ombragés et deux espèces aquatiques. Ce sont:

Zonites nitidosa, Fer. — 2.[1]

Patula rotundata, Müll. — 3.

Clausilia rugosa, Drap., var. *obtusa,* Pfeif. — 1 fragment, avec péristome.

Limnæa truncatula, Müll. — 2.

Planorbis rotundatus, Poir. — 6.

Il est donc plutôt probable que ce dépôt s'est produit par le ruissellement lent d'une eau très calcaire, déposant le carbonate de chaux sous forme de limon crayeux, souvent argileux. L'eau de lévigation des moraines calcaires possède au plus haut degré cette propriété, ce qui est un obstacle de plus à la consolidation du dépôt calcaire.

[1] Les chiffres indiquent le nombre des échantillons recueillis.

Je conclus donc que cette formation est due au ruissellement de l'eau de sources calcaires descendant sur un coteau peu incliné, assez ombragé et même gazonné et à l'accumulation du dépôt crayeux dans des flaques d'eau stagnante.

Cette formation de plus de 3 m. d'épaisseur visible repose probablement sur de la moraine argileuse résultant de la désagrégation de la marne hauterivienne. Elle rappelle absolument le dépôt de tuf crayeux qui recouvre les deux flancs de la vallée de Vallorbe, entre cette localité et le viaduc du Day[1]. Ici, le dépôt est encore en voie de formation, car il est alimenté par d'innombrables sources qui imprègnent le coteau dont le sous-sol est formé de moraine argileuse.

Aux Fahys, il n'en est pas ainsi, car, à part une source jaillissant sur la campagne de Marval, on n'a pas rencontré d'eau superficielle en cet endroit. Celle qui remplissait le fond du puits lors de ma visite, le 22 mars 1900, ne se renouvelait pas. La source créatrice du dépôt a donc disparu ou a cessé de se répandre sur le terrain occupé actuellement par le dépôt calcaire crayeux. Celui-ci ne formait évidemment qu'une seule nappe avec le dépôt sur le bord opposé du couloir de Monruz. Le creusement de celui-ci est préglaciaire, ainsi que le prouve le dépôt morainique qui forme partout le soubassement du tuf et de la marne blanche. C'est le déblaiement de la moraine et la régénération du ravin d'une part, puis l'appauvrissement des sources en calcaire, au fur et à mesure de la lévigation de la moraine, qui sont les moments qui ont arrêté le développement de notre dépôt.

[1] Bull. Soc. vaud. sc. nat, 1889, XXV, p. 79-89.

X

Composition de la tourbe et coupe des alluvions du vallon du Locle.

Communiqué dans la séance du 14 juin 1901.

Les tranchées pour la canalisation du Bied du Locle ont montré que sous la couche superficielle de terreau, déblais, alluvions divers, il y a presque partout à l'intérieur de la ville une couche de tourbe qui se trouve à des profondeurs variables, pouvant aller jusqu'à 4-5 m.

Dans la rue Daniel JeanRichard j'ai constaté, en octobre 1898, la coupe suivante:

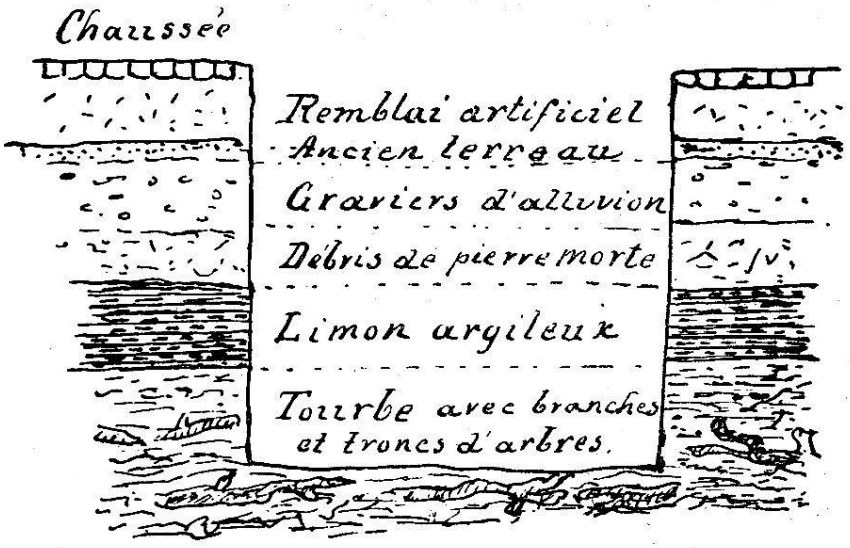


Fig. 7. Coupe de la tranchée de la correction du Bied, au Locle.
Echelle 1:100.

M. le Dr Früh à Zurich, qui a examiné la tourbe provenant de la couche inférieure atteinte par la tranchée, l'a reconnue pour une tourbe de gazon de maré-

cage (Rasentorf), donc pas une tourbe de sphaignes. Elle se compose essentiellement de débris de carex, de roseaux, d'aulnes et de bouleaux. Il y a une certaine proportion de matériaux de charriage, limon, sable, etc., et probablement quelque peu de matériaux glaciaires. C'est une tourbe d'un marais sujet aux inondations.

C'est bien ainsi qu'il faut se représenter la formation de la tourbe du vallon du Locle. Ce qui se passe parfois encore aujourd'hui à l'extrémité inférieure du vallon, près du Col-des-Roches, lorsque les eaux ne parviennent pas à s'écouler totalement par l'entonnoir et la galerie de dérivation, a dû se passer anciennement presque à chaque pluie abondante, lorsque l'entonnoir était seul à absorber les eaux météoriques. C'est ainsi que se sont formées les alternances de limon et de tourbe limoneuse. Les couches très épaisses de limon argileux qui supportent la tourbe doivent dater d'une époque où tout le vallon était complètement inondé pendant longtemps, ce qui a dû être le cas pendant l'époque glaciaire et plus tard encore, lorsque divers petits glaciers se déversaient dans la dépression. C'est de cette époque que date le colmatage principal de la cuvette lacustre.

La tranchée de la nouvelle canalisation du Bied a révélé encore un autre fait remarquable. Au droit du temple du Locle, dans la rue Daniel JeanRichard, la couche de tourbe était interrompue sur une longueur de 60-70 m. environ par un affleurement de calcaire d'eau douce, dit pierre morte. C'est cet affleurement qui a sans doute formé les débris dont est recouvert le limon lacustre de la coupe figurée plus haut. Le croquis p. 160 indique cette situation.

Le trajet à travers cette éminence de calcaire œningien a été marqué par de nombreuses venues d'eau sortant de bas en haut des fissures de la pierre morte.

Le temple est construit précisément sur cet affleurement, probablement le seul terrain solide existant sur le fond du vallon. Partout dans le voisinage il a fallu employer des pilotis pour asseoir les fondations des bâtiments.

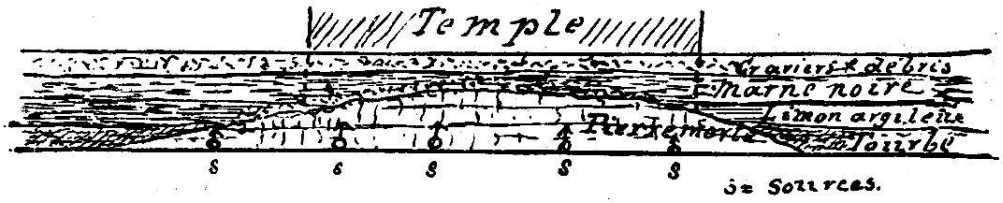


Fig. 8. Coupe longitudinale de la tranchée du Bied du Locle devant le temple. — S = Sources.

XI

Un lambeau de recouvrement jurassique sur le Tertiaire près de Fleurier.

Communiqué dans la séance du 14 juin 1901.

La tranchée du chemin de fer régional de Fleurier à Buttes a entamé en tranchée au-dessous de la ferme de Sassel, presque au sortir du village de Fleurier, un rocher calcaire très fissuré s'élevant à environ 8-10 m. au-dessus de la route cantonale. Ce rocher est activement exploité pour être employé au chargement des routes. Sa fissuration extrême le rend très propre à être concassé.

On y voit encore une stratification assez nette au S.E., de 20-25°. La partie de la tranchée revêtue

aujourd'hui par des murs de soutènement est creusée dans une marne argileuse gris-verdâtre, que l'on n'a aucune peine à reconnaître pour une marne tertiaire.

Du côté aval, la tranchée a entamé cette marne sur 3 m., du côté amont sur un peu plus de 4 m. Le calcaire, qui est probablement du Portlandien ou bien du Kimmeridgien, a manifestement glissé sur la mollasse, car partout où cette couverture calcaire n'existe pas, le coteau est probablement formé de mollasse.

Voici un croquis du profil transversalement à cette tranchée (fig. 9). La marne gris-verdâtre tertiaire, jaune au contact avec le calcaire, se voit encore du côté N.E. du petit monticule qui, lui-même, est destiné à disparaître entièrement au cours de l'exploitation de la « groise ».

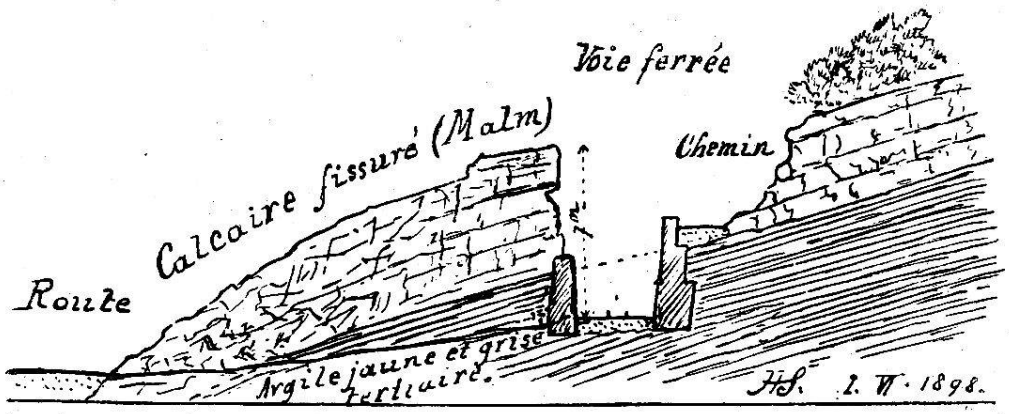


Fig. 9. Coupe du lambeau calcaire superposé au Tertiaire près de Fleurier. (Croquis pris le 1er juin 1898.)

M. Jaccard avait, dans la première édition de la feuille XI de la carte géologique suisse, indiqué en cet endroit du Valangien. La deuxième édition, publiée après les travaux du chemin de fer, marque ici du Portlandien. Faute de fossiles, on ne peut savoir si ce petit lambeau isolé est du Portlandien moyen,

du Kimmeridgien ou même du Séquanien. Il ressemble davantage au Kimmeridgien. C'est en tout cas du Malm.

L'extension de ce calcaire est assez grande. Il forme une sorte de couverture pareille à un bouclier qui ressort fort bien dans le relief du coteau au-dessous de Sassel, ainsi que le montre la figure suivante :

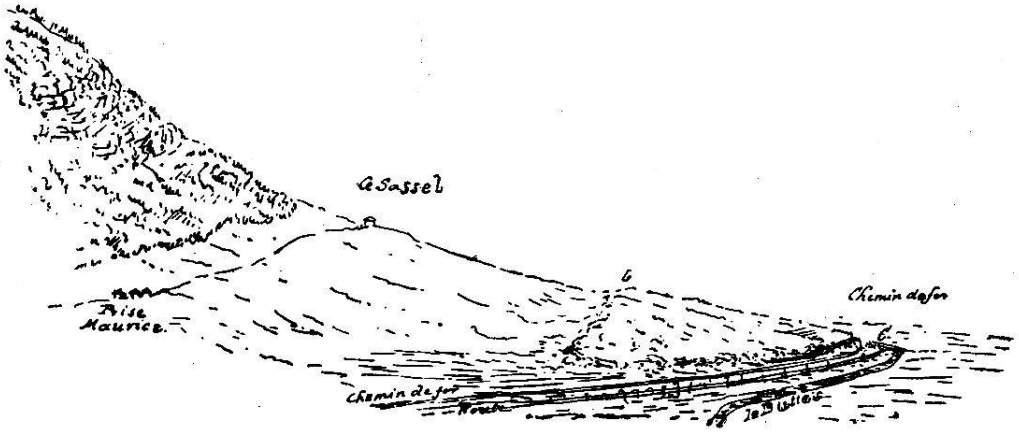


Fig. 10. Vue du lambeau de Malm superposé au Tertiaire. (Croquis pris de la Raisse.) Le lambeau de calcaire est compris entre les lettres *a, b, c.*

En août 1899, la Société géologique suisse a visité cette localité sous ma direction. J'avais pensé que peut-être cette écaille pouvait être mise en relation avec le chevauchement du Kimmeridgien et du Portlandien existant sur le versant opposé de la vallée, à moins que l'on ne puisse l'attribuer à un glissement venu du flanc du « Chapeau de Napoléon », colline aux couches verticales et même renversées du Malm et qui sépare la vallée de Buttes du cirque de Saint-Sulpice. M. Baltzer pense que c'est plutôt cette dernière hypothèse qui est capable d'expliquer cette singulière dis-

position. Les couches du Chapeau de Napoléon ne sont déjetées qu'au pied de la montagne; plus haut, elles sont normales, avec un très fort plongement S.E. Il suffit que l'érosion ait fait disparaître les couches à la courbure convexe, entre la partie normale et la partie déjetée sous-jacente, pour que les bancs de la partie supérieure manquent de pied et se trouvent en équilibre instable et disposées à glisser tout d'une pièce sur le coteau inférieur. C'est ce mécanisme que j'indique dans le croquis suivant :

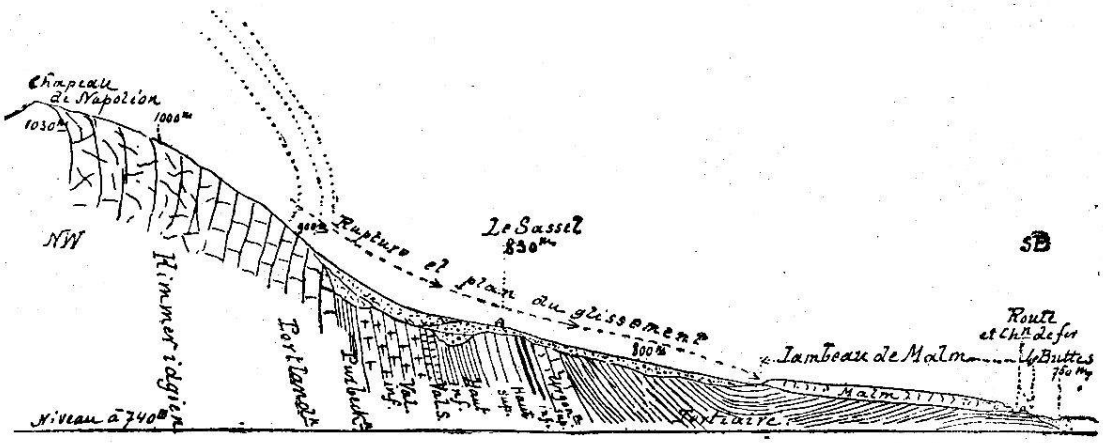


Fig. 11. Profil montrant l'origine du lambeau de Malm superposé au Tertiaire.

Echelle 1 : 10 000

Je pense même que le remplissage de la vallée par un glacier a dû être singulièrement favorable à la préparation de ce mouvement. L'érosion glaciaire sur le bord de la dépression a dû user les couches à la courbure convexe. La présence de la glace a pendant longtemps peut-être empêché le glissement de se produire. Puis le retrait du glacier ayant fait disparaître ce dernier appui, le glissement s'est produit, passant par dessus la moraine et le Néocomien, pour ne s'arrêter

que sur le Tertiaire de la partie inférieure peu inclinée du coteau. Ce mécanisme très simple ressort clairement de la figure. Ce ne serait donc pas un lambeau de recouvrement tectonique, mais un simple lambeau de glissement, rentrant en conséquence dans la catégorie des éboulements.

A plus d'un endroit du Jura nous voyons des accumulations de blocages et de lambeaux plus ou moins cohérents de calcaires jurassiques et néocomiens, qui doivent s'être produites d'après un mécanisme assez semblable. Nous aurons par la suite l'occasion d'en signaler encore quelques-uns.

XII

Phénomènes de lamination glaciaire dans le Val-de-Travers et à La Chaux-de-Fonds.

Communiqué dans la séance du 15 février 1901.

L'exploitation d'argile aquitanienne près de la tuilerie de Couvet a produit plusieurs excellentes coupes de ce terrain qui se compose d'alternances de marnes rouges, grises, jaunes ou noires et de bancs de grès tendre.

Cette localité montre encore une autre particularité; c'est une sorte d'enchevêtrement des couches marneuses tertiaires avec la moraine qui leur est superposée. Les couches aquitaniennes plongent au S.E. de 20-25° sous la chaîne du Chasseron; mais à l'approche de la surface, on voit les couches les plus plastiques du Tertiaire s'incliner parallèlement à la surface en s'amincissant, tout en s'allongeant; peu à peu elles

prennent un plongement inverse au N.W. presque parallèle au talus. Puis on voit ces lits d'argile amincis et allongés s'enchevêtrer ensuite avec la moraine qui est facilement reconnaissable à sa couleur jaune et aux galets qu'elle contient. Il y a donc entre la moraine et le Tertiaire non pas une zone de mélange, ainsi que cela se rencontre souvent, mais une *zone*

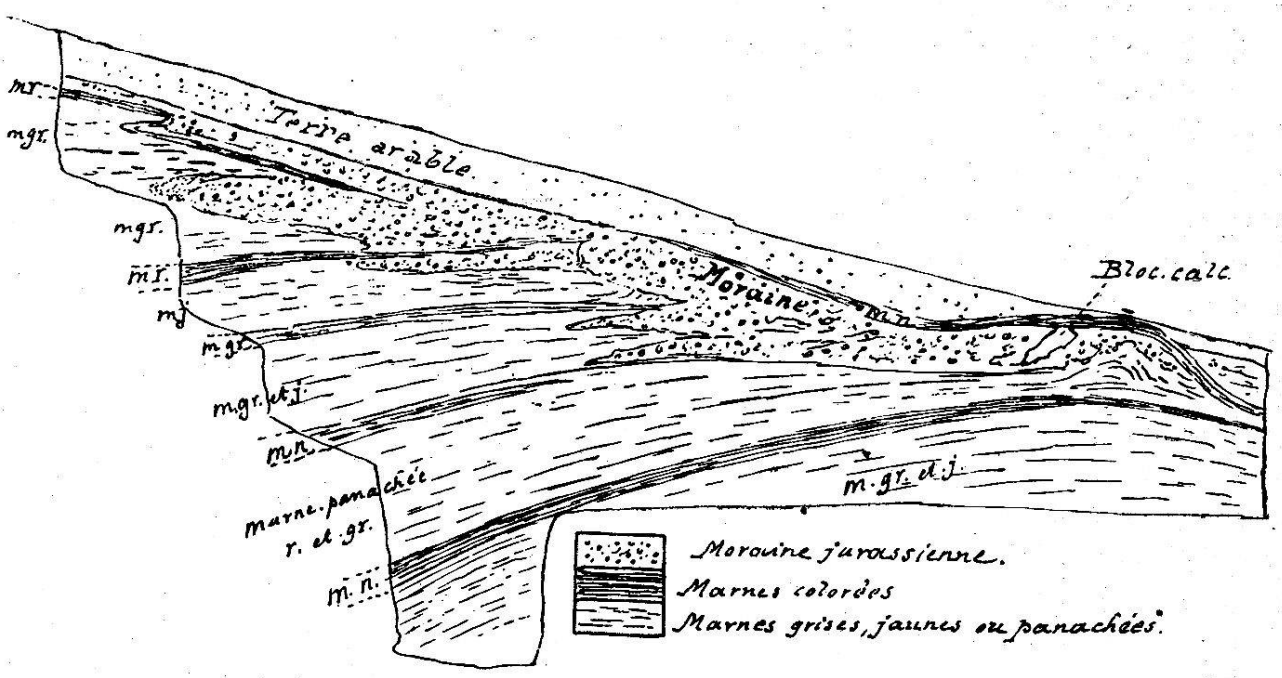


Fig. 12. Lamination glaciaire des marnes tertiaires (Aquitanien) dans l'exploitation d'argile de la tuilerie de Couvet.

d'enchevêtrement par dentelures. Les dentelures restent, de part et d'autre, en connexion directe avec le dépôt dont elles dépendent. Cette situation ne peut s'expliquer que par déformation plastique, subie par la tête des couches sous la surcharge et la poussée tangentielle vers le bas du talus, exercée par la glace descendant du flanc de la montagne. C'est donc un exemple remarquable, non pas de refoulement, mais de lamination ou d'étirement glaciaire.

Un phénomène tout à fait analogue peut s'observer actuellement près de *La Chaux-de-Fonds,* sur le flanc S.E. du vallon. Les tranchées pratiquées pour la création de la plateforme de la nouvelle gare ont mis à découvert des coupes très nettes du terrain tertiaire (mollasse marine et œningien) en contact avec une intercalation de Valangien et Purbeckien avec un peu de Hauterivien, le tout à l'état de blocage[1]. Les couches tertiaires sont verticales ou renversées. Or, on trouve que près de la surface les têtes des couches sont comme *peignées* et s'allongent en longues lames amincies et parallèles à la surface, en se mêlant à des fragments de calcaire valangien ou purbeckien provenant de la zone de blocage mentionné. (Voir fig. 13.)

Fig. 13. Lamination glaciaire des marnes de l'Helvétien près de la maison Ulrich frères, à La Chaux-de-Fonds.

a. Tourbe.
b. Traînée de fragments de Purbeckien et de Valangien.
c. Marnes helvétiennes.
d. Banc de grès tendre.

M. le Dr Eugène Bourquin, à La Chaux-de-Fonds, m'a signalé un cas tout à fait analogue observé par lui sur le versant opposé du vallon, lors du creusage pour la construction des écuries de la fabrique Hirsch, aux Crétets.

[1] Cette singulière formation fera l'objet d'une notice dans le prochain fascicule des Mélanges géologiques.