Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes

Autor(en): **Schardt, H.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **32 (1903-1904)**

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-88501

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

MÉLANGES GÉOLOGIQUES

sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes

PAR LE Dr H. SCHARDT, PROFESSEUR

Cinquième fascicule

(AVEC QUATORZE CLICHÉS ET DEUX PLANCHES)

CONTENANT :

XXI. Sur divers gisements anormaux du Crétacique.
XXII. Observations géologiques sur la Montagne de Diesse.
XXIII. Observations géologiques sur les environs de Couvet.
XXIV. Découverte d'un chevauchement près de Montezillon.
XXV. Origine de la source de l'Areuse.

XXI

Sur divers gisements anormaux du Crétacique dans le Jura

Communiqué dans les séances du 8 janvier et du 4 mars 1904.

Depuis la publication de l'étude de M. Baumberger et moi sur les gisements énigmatiques, dites poches hauteriviennes dans le Valangien entre Gléresse et Bienne[1], la question des gisements anormaux a donné

[1] SCHARDT et BAUMBERGER. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, t. XXXI, p. 247-288, 1895, et *Eclogæ geol. helv.*, t. V., p. 159-201.

lieu à plusieurs controverses. Tout d'abord M. le professeur STEINMANN[1] attribue l'introduction des paquets de marne hauterivienne, etc., dans les cavités du Valangien inférieur à l'influence des glaciers. C'est le mouvement des glaciers alpins en écorchant les marnes et calcaires hauteriviens et le Valangien supérieur qui aurait poussé dans les cavités du Valangien inférieur des paquets de ces terrains, grâce à l'énorme pression que devait exercer la masse de glace en mouvement. Il range donc ce phénomène dans la catégorie des refoulements glaciaires (Gletscherstauchungen). L'absence absolue et constante de matériaux erratiques glaciaires dans l'intérieur des dites poches s'oppose de la façon la plus catégorique à l'admission de cette hypothèse. La genèse de la plupart des poches en question (des bords du lac de Bienne) est certainement préglaciaire ; c'est le cas aussi de celle des Fahys à Neuchâtel [2]. Cela ne veut pas dire toutefois que tous les gisements anormaux de cette catégorie doivent être dans le même cas. D'autre part, M. Rollier [3] a consacré à cet objet un nouveau chapitre dans son récent IIme Supplément à la Description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique suisse. Il figure plusieurs des gisements que nous avons dessinés en détail. M. Rollier, sans apporter aucun fait décisif pour sa manière de voir et encore moins contre la démonstration que nous avons donnée, M. Baumberger et moi, conclut par l'affirmation sin-

[1] G. STEINMANN. Ueber glaciale Stauchungserscheinungen, etc. Neues-Jakob., 8, Min. Geol u. Paleont., 1899., t. I., 216-230.

[2] H. SCHARDT. Une poche hauterivienne dans le Valangien. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXVIII, 1899-1900, p. 184-196.

[3] L. ROLLIER. IIme Supplément, etc. Mat. p. l. carte géol. d. l. Suisse N. S., livr. VIII, 1898, p. 63-72.

gulièrement prolixe *que la distribution géographique de ces accidents permet de les rapporter à des intrusions sédimentaires anormales dans des vides préexistants par dissolution de la roche ambiante. L'âge du phénomène remonterait au moins au temps du Sidérolitique. La formation des remplissages de bolus et sables sidérolitiques ne lui semble pas entièrement indépendante de ce phénomène.* En dernier lieu, il ajoute *que les phénomènes en question sont probablement d'origine commune, quoique indépendants comme âge.*

Je ne conçois guère une confusion pareille. Nous sommes loin aujourd'hui des sédimentations de marne hauterivienne « normale » dans des excavations sous-marines creusées au préalable dans le Valangien.

Les faits que nous soutenons se résument comme suit :

L'érosion ayant enlevé le pied des couches du Néocomien ou seulement percé jusqu'au Valangien la partie convexe des plis en genou, si fréquents sur le flanc du Jura, des paquets de terrain, ainsi suspendus en position inclinée, ont glissé dans des excavations formées, soit par l'érosion, soit par l'écartement des bancs, conséquence de la poussée de la masse glissante (poches simples). *Le glissement subséquent d'un banc de calcaire valangien par-dessus ces remplissages a pu former couvercle,* ce qui explique les poches fermées ou ouvertes par en bas (poches ou enclaves à deux mouvements). Il n'y a certes pas de mécanisme plus simple que celui-ci. Les faits observables le confirment. La poche de Gléresse, celle de la Haslen, celle de Vuntele, qui sont des poches fermées, montrent les deux lèvres des bancs valangiens en contact anormal (le joint du couvercle). La surface de glissement est nette; les brèches sont des

brèches de friction et non des galets charriés par l'eau ! Le seul point sur lequel M. Rollier a quelque raison de faire objection, c'est la pensée que nous avons exprimée en dernier lieu que la formation des poches devait avoir eu lieu pendant le plissement du Jura, soit vers la fin de celui-ci, affirmation relative à l'époque de leur formation, mais qui ne modifie absolument rien aux conclusions précédentes.

L'argument pour cette affirmation était tiré des effets mécaniques, lamination jusqu'à schistosité, stries de glissement, déformation des fossiles, etc., qui s'observent dans les poches et qui attestent de la façon la plus positive une pression énorme. M. Rollier va d'ailleurs bien plus loin puisqu'il recule la formation des poches au moins jusqu'à l'époque de la formation du Sidérolitique, toute la dislocation du Jura leur aurait passé dessus. Eh bien, depuis que j'ai vu dans des éboulements relativement récents se produire les mêmes actions et déformations mécaniques, je reconnais volontiers que cette conclusion, absolument secondaire pour la solution du problème, n'a pas sa raison d'être aussi absolue que nous l'avions formulée. Les poches du bord du lac de Bienne sont certainement préglaciaires et coïncident peut-être « en partie » avec la fin du plissement du Jura. *Les déformations mécaniques qu'on y observe peuvent cependant toutes être le résultat du mécanisme même qui a donné naissance aux poches,* c'est-à-dire la conséquence des glissements en masse de paquets de terrain dans le sens de la plus forte pente. Certaines poches peuvent donc être plus récentes, d'autres plus anciennes.

La conclusion la plus importante qui se dégage encore de ceci, c'est que le phénomène qui a si for-

tement embarrassé les géologues, en faisant naître pas moins de six hypothèses différentes avec diverses variantes, se range dans un groupe naturel de la géologie dynamique, celui des éboulements. Coïncidant ou non avec les phénomènes tectoniques, la formation des poches ou gisements anormaux analogues à ceux du bord du lac de Bienne et des environs de Neuchâtel *sont la conséquence de mouvements produits par l'action de la pesanteur sur des terrains que l'érosion avait amenés dans une situation d'équilibre instable.*

Cette thèse de l'assimilation de ce phénomène aux éboulements et glissements de terrain sera confirmée par les nouveaux exemples que nous allons étudier. Il y a évidemment des gisements anormaux qui sont d'origine tectonique et qu'il faut séparer absolument d'avec ceux qui nous occupent, je veux parler des lambeaux de friction, morceaux arrachés du soubassement ou de la masse en mouvement lors de la formation d'une faille, d'un pli-faille, d'un charriage tectonique ou tout simplement par glissement de deux bancs parallèlement à leur plan de stratification. J'insiste *qu'il faut bien se garder de généraliser trop et de vouloir soutenir que tous les gisements anormaux doivent avoir la même origine et résulter du même mécanisme.* Chaque effet a sa cause et les causes sont multiples. Au chercheur d'en définir le mode d'action, après enquête serrée ! Je crois que sous ce rapport la note de M. Baumberger et moi méritait un examen plus sérieux que la réfutation sommaire de M. Rollier. Elle peut au contraire passer pour un exemple d'investigation objective, sans aucun parti pris.

Dans ce qui suivra nous verrons encore une nouvelle forme de poches en couches presque horizonta-

les, où naturellement le mécanisme spécial qui doit avoir présidé à la formation des gisements au bord du lac de Bienne ne peut pas trouver son application, bien qu'il s'agisse encore d'un phénomène d'éboulement après érosion, ayant créé une situation instable.

Voici donc les nouveaux gisements anormaux de Crétacique dont il s'agit :

A. Poche d'Albien et de Cénomanien aux Fahys près Neuchâtel

L'établissement de plusieurs voies de garage au N.E. de la gare de Neuchâtel a nécessité l'exploitation du pied N.W. de la colline de pierre jaune de Belle-Roche, prolongement S. de la colline du Mail. On a découvert ainsi, non loin de la route de Bellevaux, un endroit où les couches de pierre jaune, au lieu de plonger vers le lac de 20-30°, comme dans le reste de la colline, s'enfoncent presque verticalement contre la combe hauterivienne. En même temps le terrain est comme fragmenté et en partie schisteux. Il s'agit là évidemment d'un affaissement de la tête des couches, affaissement qui doit s'être produit à une époque fort reculée, car il n'y a aucun mélange de matériaux erratiques dans les débris. Une forte pression doit avoir agi en même temps, ce qui est attesté par les plans de glissement qui parcourent cette masse rocheuse et l'état schisteux des parties marneuses. (Voir fig. 1.) Il y a de même à l'autre extrémité de la tranchée, près du patinage, une masse de pierre jaune plongeant de 45° vers la combe hauterivienne, donc en sens inverse du plongement normal des bancs. C'est encore un phénomène d'affaisement de la tête des couches par suite d'érosion de leur pied.

C'est presque exactement entre ces deux points que se trouve au milieu de la pierre jaune de Neuchâtel une excavation large de $2^m,5$-$3^m,5$ environ, remplie d'une argile plastique rouge ou brunâtre, ayant absolument l'aspect de l'Albien moyen, tel qu'il se rencontre normalement dans le Jura. L'excavation en forme de cheminée verticale est plus large en bas qu'en haut et paraît avoir été creusée par l'érosion

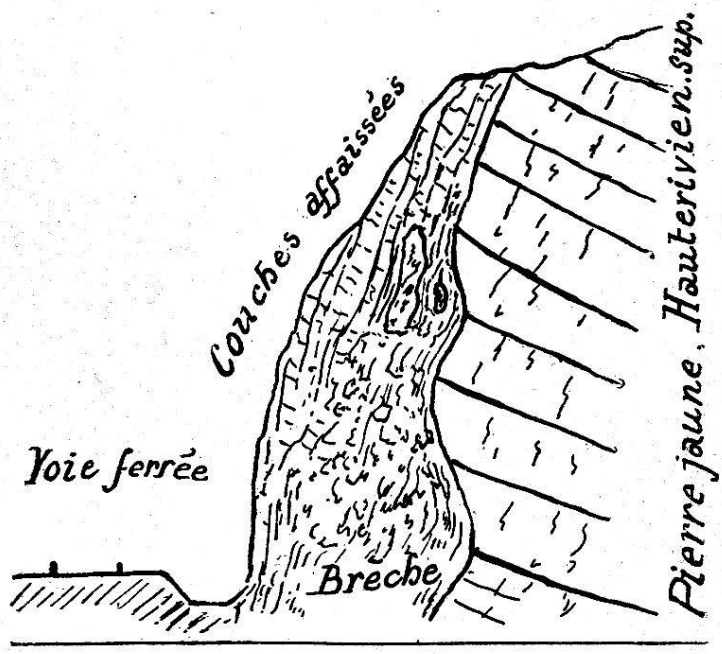


Fig. 1. Couches du Hauterivien affaissées aux Fahys sur Neuchâtel.

dans la pierre jaune. Elle a bien la forme d'une cheminée, car, à environ 5 m. au-dessus de la voie ferrée, la pierre jaune interrompue par la présence du remplissage dans la partie inférieure vient former la paroi postérieure du creux.

C'est de ce gisement que parle M. Rollier[1] dans une note ajoutée pendant l'impression, en annonçant

[1] L. Rollier. Une nouvelle poche fossilifère. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, XXIX, 1900-1901, p. 59; note infrapaginale.

que ce remplissage contient des fossiles albiens phosphatés, entre autres *Arca carinata*. Il paraît donc qu'ici du moins le remplissage argileux soit emprunté en partie aux sédiments albiens ayant existé à la surface, si ce n'est pas tout simplement un paquet d'Albien tombé ou glissé de haut en bas dans un emposieux creusé au préalable dans la pierre jaune. Ce dernier mécanisme paraît en tout cas assez probable, d'après les constatations vérifiées à plusieurs reprises que j'ai eu l'occasion de faire depuis lors.

Il y a, en effet, dans le remplissage argileux des galets ou nodules de calcaire crayeux blanc, jaunâtre ou rosé, très homogène et se cassant facilement. La ressemblance avec le calcaire rotomagien est frappant. Les blocs de cette roche sont particulièrement abondants du côté N.E.; ils forment en outre une traînée oblique dans le tiers supérieur. Cette zone de blocs est recouverte d'un nouveau lit d'argile rouge, sur lequel s'applique une couche de blocage de pierre jaune qui termine le remplissage.

Il s'agit bien de calcaire rotomagien ou cénomanien inférieur [1], car en débitant un certain nombre de ces blocs, nous y avons trouvé, dès la première visite, plusieurs empreintes d'ammonites :

Schlœnbachia varians, Sow. et
Acanthoceras Mantelli, Sow.

Les fragments de calcaire cénomanien, ainsi qu'une partie des blocs de pierre jaune, ont des surfaces corrodées. Des traces de corrosion se trouvent aussi sur les parois de la cheminée. Cependant des miroirs

[1] C'est ce calcaire que M. Rollier a probablement pris pour du calcaire urgonien.

et stries de glissement s'y rencontrent de même, mais ils paraissent être manifestement postérieurs aux phénomènes de corrosion. Il y a donc eu évidemment action d'érosion, suivie de mouvement de descente du paquet de terrain dans la grande cavité préparée d'avance. S'il y a eu action concurrente de l'eau pendant le mouvement d'introduction, cette action a dû être tout à fait accessoire, car il n'y a aucun triage des matériaux selon leur dimension ou densité. Les marnes vertes et bleuâtres qui se trouvent sur le bord N.E. ne sont probablement pas contemporaines à l'introduction de la marne albienne, mais peuvent tout aussi bien provenir de l'action de la corrosion sur le calcaire très glauconiteux du Hauterivien supérieur qui forme les parois de la cavité. Ces marnes vertes pénètrent d'ailleurs dans les craquelures et cupules d'érosion du calcaire, ce qui n'est pas le cas de la marne rouge.

La situation de ce gisement singulier est représentée vue de face et en coupe par la fig. 2 *a* et *b*. Il est facile de se rendre compte de son origine, si l'on admet que l'érosion souterraine pendant l'époque continentale qui a suivi, soit l'époque cénomanienne, soit le Miocène, a produit une cavité souterraine dont le plafond a fini par s'effondrer au-dessous de l'Albien et du Cénomanien transgressifs. *C'est donc encore un phénomène d'éboulement, d'effondrement et de glissement qui caractérise la genèse de ce gisement anormal.*

Si maintenant nous comparons celui-ci avec le gisement récemment signalé par M. Rollier[1] au Goldberg près de Bienne, nous constatons une analogie frap-

[1] L. Rollier. Sur une nouvelle poche sidérolitique. *Archives Genève*, III, s. I, 14, 1902, p. 59-68.

pante; mais ici l'action de l'eau a été manifestement beaucoup plus intense. L'argile n'est plus reconnaissable comme un sédiment d'argile albienne normale, mais elle est rouge foncé ou brune et contient dans toutes ses parties des débris de roches valangiennes et des fossiles hauteriviens. Elle a donc été remaniée complètement.

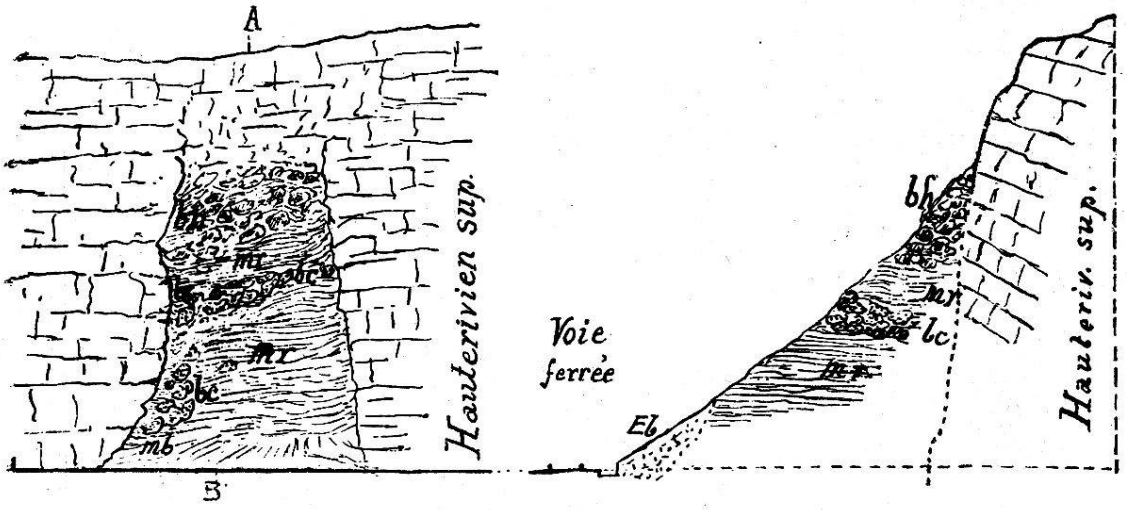


Fig. 2a. Poche de marne albienne avec galets de cénomanien aux Fahys, près Neuchâtel.

Fig. 2b. La même, coupe suivant A B.

LÉGENDE:

mr. **Marne argileuse rouge ou brune (Albien);** ***bc.*** **Blocage de calcaire rotomagien;** ***bh.*** **Blocage de calcaire hauterivien supérieur;** ***Mb.*** **Marne argileuse bleu-verdâtre;** ***Eb.*** **Débris éboulés.**

Tout autre est le résultat de la comparaison avec le gisement de Gibraltar[1], qui est du *sidérolitique nettement stratifié sur place, dans son gisement même* et qui ne résulte aucunement de matériaux introduits d'en haut. Il est exclusivement le produit de la lévigation de la

[1] Rollier. Poche d'Albien dans le Néocomien à Neuchâtel. *Eclogæ géol. helv.*, V, 1898, p. 521.
H. Schardt. Note sur deux filons sidérolitiques à Gibraltar. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, XXVI.

roche encaissante. Le contraste est on ne peut plus frappant.

J'enregistre ici avec satisfaction l'accord partiel que proclame M. Rollier quant à l'origine de ces matériaux par lévigation de la roche ambiante, hypothèse qu'il reconnaît « en partie » acceptable. M. Rollier fait cependant erreur en disant que les blocs de calcaire glauconiteux qui gisent dans les bolus et sables sidérolitiques doivent être tombés d'en haut et provenir de l'Urgonien inférieur, qui seul contiendrait de ces roches. C'est au contraire la roche encaissante même du filon qui a fourni ces débris. C'est avec des échantillons détachés des parois mêmes de la crevasse de Gibraltar que j'ai fait l'expérience de dissolution décrite dans ma notice. L'Urgonien inférieur n'est pas du tout glauconiteux, mais un calcaire subspathique ou oolitique jaune, souvent plus ou moins marneux. C'est dans la partie inférieure de la pierre jaune (Hauterivien supérieur) que sont cantonnés, dans notre région du moins, les calcaires siliceux et glauconiteux.

B. Poche de calcaire limoniteux de Prêles

M. Baumberger [1] a signalé l'existence, dans une carrière ouverte dans le Valangien inférieur, près de Prêles, sur la montagne de Diesse, d'une poche ou enclave de calcaire roux limoniteux. J'ai visité cet endroit le 27 juin 1903 et constaté que la situation est absolument telle que M. Baumberger l'a décrite. Je constate aussi que la situation tectonique ne peut

[1] E. Baumberger. Beiträge zur Kenntnis der Kreidebildungen, etc. Mitteil. Naturf. Gesellschaft, Bern, 1903.

pas être invoquée pour expliquer l'origine de cette enclave par un glissement parallèlement au plan de stratification, puisque le plongement des couches atteint à peine 5-10°. Il faut invoquer ici le même mode de formation que pour la poche albienne et cénomanienne des Fahys, soit l'effondrement du plafond d'un emposieux. Un paquet de calcaire limoniteux susjacent au Valangien inférieur serait venu se loger dans cette excavation par ce mécanisme très simple. Le Valangien inférieur présente d'ailleurs sur ses parois des traces de corrosion très visible et le Valangien supérieur est visiblement disjoint et manque de cet état compact que possèdent ordinairement les gisements intacts. Cette constatation n'enlève rien à la valeur des conclusions que mon collaborateur et moi nous avons formulées au sujet de l'origine des enclaves hauteriviennes des bords du lac de Bienne, lesquelles se trouvent en effet dans des conditions tectoniques très différentes.

Il est fort probable que si l'exploitation de la dite carrière se poursuit on trouvera sur le fond de cette poche un entassement de blocs détachés des parois et du plafond de l'emposieux primitif.

A cette occasion, je rappelle que des gisements anormaux dans des couches peu inclinées ne sont nullement rares. M. Aug. Dubois m'a signalé, près de Gorgier, dans une excavation du Valangien inférieur, mise à découvert pour la construction d'un mur, un remplissage de marne hauterivienne dont la genèse se ramène à un mécanisme analogue.

En 1896, j'ai trouvé dans le Jura méridional, sur le plateau des Hautes Molunes, dans une excavation du Valangien inférieur, toute une faunule d'Aptien (Rho-

danien) dans un calcaire marneux jaune, paraissant être en place et dans lequel je m'attendais naturellement à trouver des fossiles du Valangien supérieur. Il s'agit ici d'un relict de sédiment aptien glissé, après remaniement partiel, dans un emposieux creusé dans le Valangien, sur une surface relativement peu inclinée. L'absence de roches d'autre nature exclut le transport lointain par l'eau.

C. Notes complémentaires sur diverses poches hauteriviennes entre Gléresse et Bienne

1. Poche du Dépôt de bois près Gléresse. L'examen détaillé de cette poche, qui a la forme d'une intercalation concordante m'a permis, au cours de plusieurs visites, de m'assurer positivement du mécanisme de

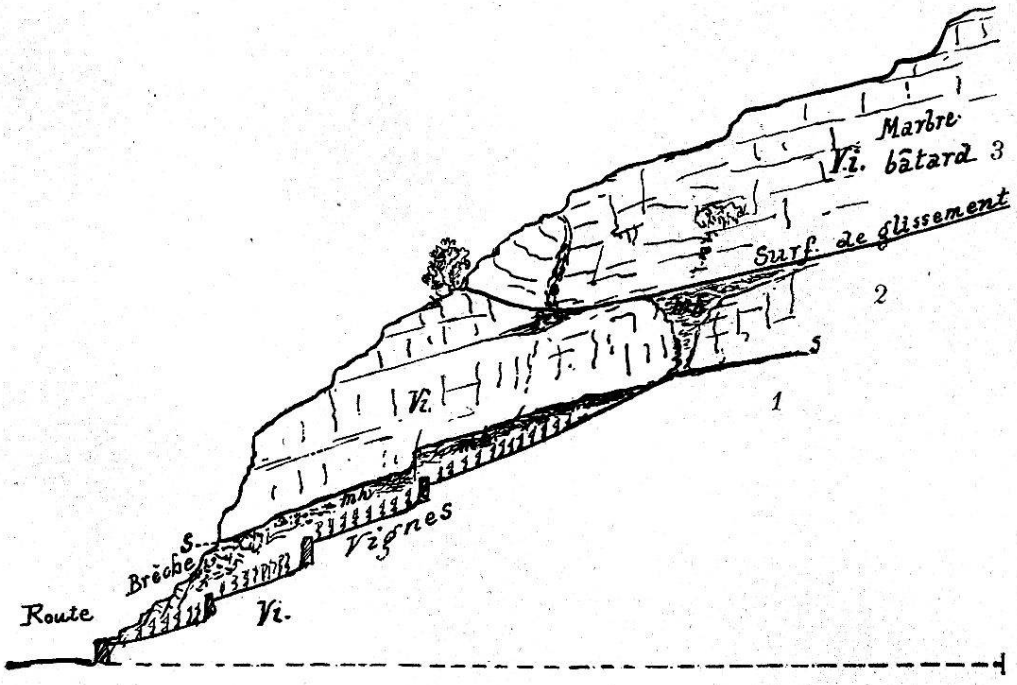


Fig. 3. Coupe de la poche hauterivienne du Dépôt de bois près Gléresse.

LÉGENDE:

Vi. Valangien inférieur; *mh.* Marne hauterivienne; *S.* Surface de glissement.

l'inclusion des lambeaux marneux. Sur la paroi S. W. de l'arc rocheux partant de l'angle proéminent du Dépôt de bois (ancienne carrière), on voit qu'à la brèche de dislocation (éboulis frottés) succède de la marne hauterivienne jaune broyée, qui se continue avec une épaisseur variable entre les deux bancs de marbre bâtard, puis elle traverse subitement le banc

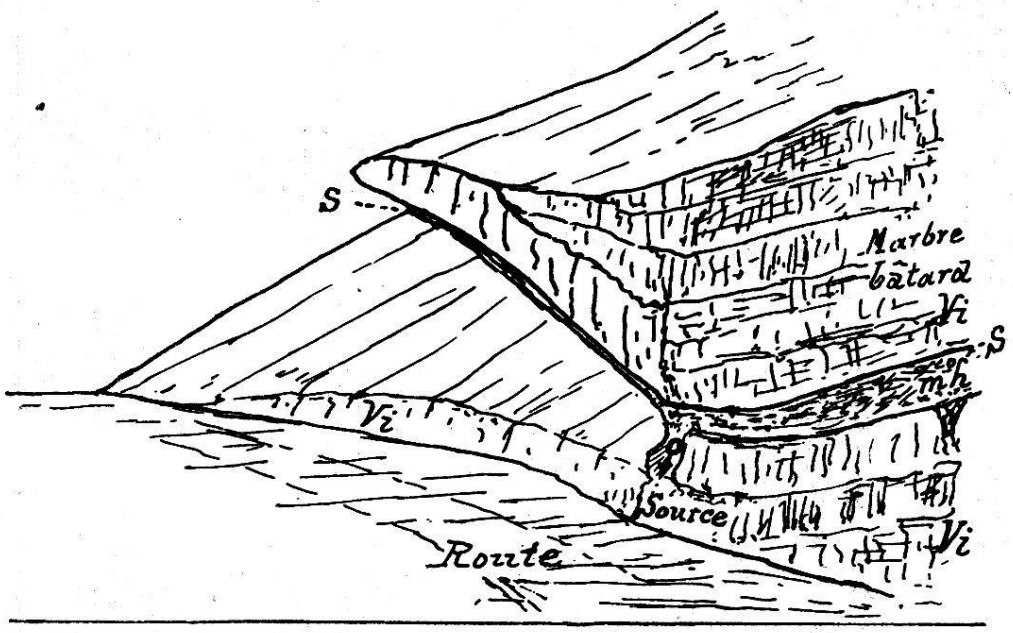


Fig. 4. Poche hauterivienne entre Vuntele et la carrière Im Rusel.

LÉGENDE:

Vi. **Valangien inférieur (marbre bâtard);** ***Mh.*** **Marne hauterivienne;** ***S.*** **Surface de glissement.**

supérieur et s'étend en forme d'entonnoir entre celui-ci et un troisième banc plus haut. Celui-ci a certainement glissé sur le deuxième, car la marne est entraînée plus loin en étroite lame et le massif calcaire lui-même vient butter en discordance contre un paquet calcaire disloqué. Comme la couche 2 a certainement glissé sur la couche 1, il s'ensuit que nous avons là une double poche fermée, ainsi que le montre

le croquis ci-dessus, qui complète la fig. 5 de notre notice (voir fig. 3), le remplissage marneux transversal de la fig. 7 de la dite notice n'est que la continuation de la coupure transversale.

2. La poche entre Vuntele et la carrière de Im Rusel (fig. 15 de notre notice) est très clairement une poche fermée par le glissement du banc de marbre bâtard qui la recouvre. Le joint de fermeture est nettement visible au-dessus du plan incliné que forme le banc calcaire qui borde la route. Ce fait m'avait échappé au début et ce n'est qu'au cours de diverses autres visites que j'en ai acquis la certitude. Le joint est aussi apparent que pour la poche de la Haslen sur Douanne. (Voir fig. 4.)

3. Poche de la carrière Im Rusel. L'exploitation de la carrière a mis particulièrement bien à découvert

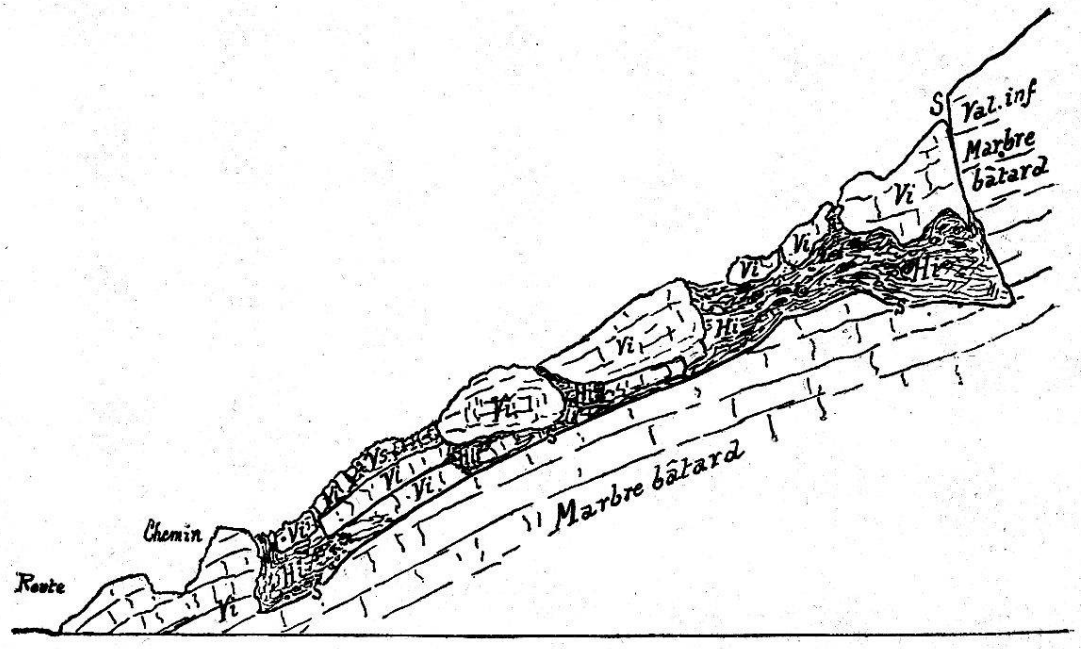


Fig. 5. Poche hauterivienne de la carrière Im Rusel.

LÉGENDE :

Vi. **Valangien inférieur;** *Hi.* **Hauterivien inférieur marneux avec blocs de Valangien supérieur et inférieur;** *S.* **Surface de glissement.**

la coupe de la poche du côté S. W. J'en ai fait un croquis d'où résulte de la façon la plus évidente qu'il ne s'agit là, en somme, que d'un glissement de marne hauterivienne, de calcaire limoniteux et de Valangien inférieur, qui est venu remplir une excavation sur le flanc incliné des bancs de Valangien inférieur. Voir fig. 5 (fig. 16 de Sch. et B.)

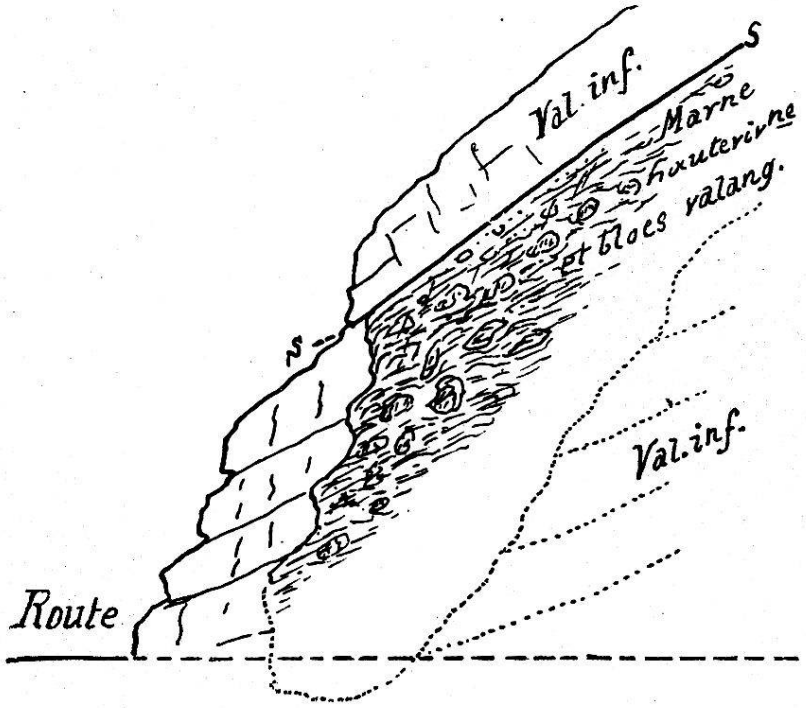


Fig. 6. Coupe théorique de la poche hauterivienne entre la carrière Im Rusel et le passage à niveau du chemin de fer.

LÉGENDE : *S... S.* **Surface de glissement.**

4. La poche entre la carrière Im Rusel et le passage à niveau du chemin de fer remplit une excavation qui paraît avoir été creusée par l'eau, puis fermée en partie par un glissement du calcaire sus-jacent. La coupe transversale paraît avoir la forme représentée dans fig. 6, qui complète le croquis que nous avons donné précédemment.

5. La poche du Pasquart près Bienne est une poche double. La coupe (fig. 7) fait voir qu'il s'agit là de deux écailles ou lames de calcaire Valangien qui sont venues s'imbriquer sur un lambeau de marne hauterivienne arrêté dans la rupture d'un genou de Valan-

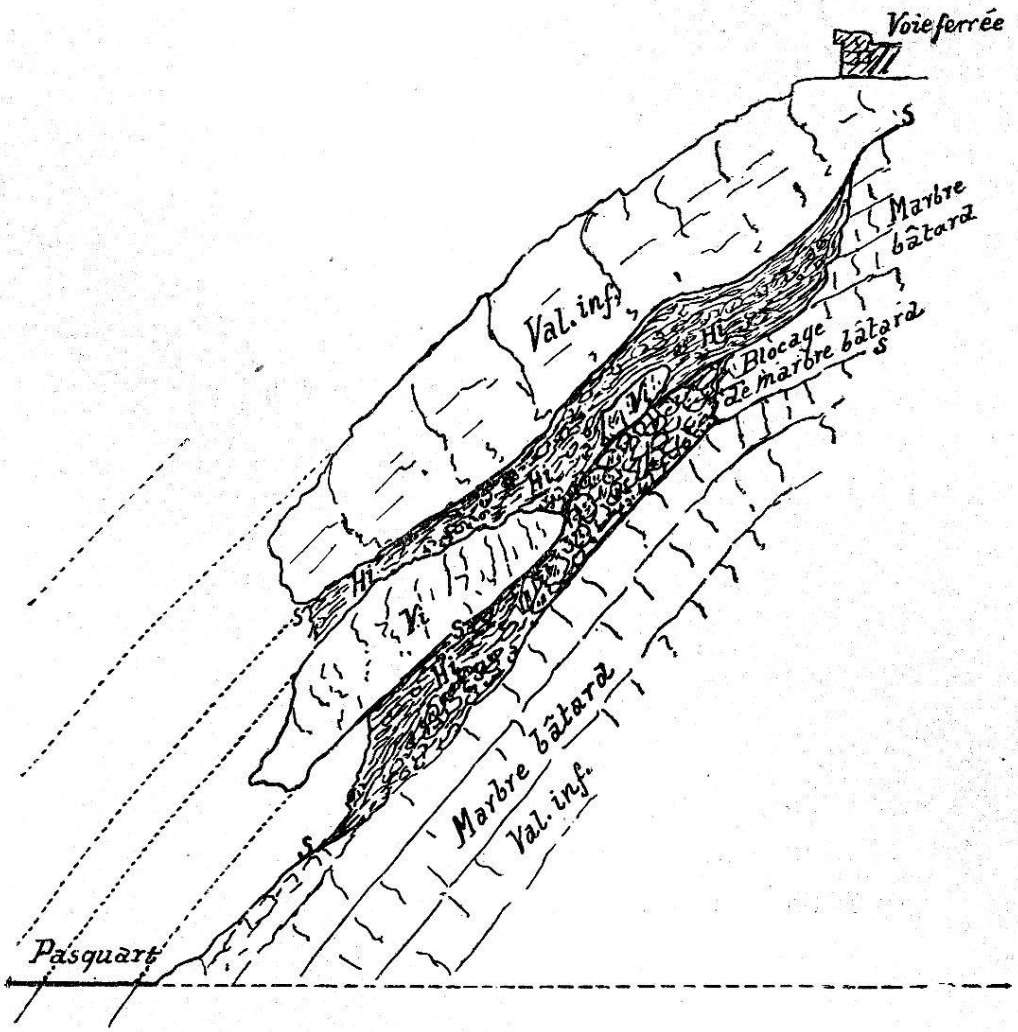


Fig. 7. Coupe de l'enclave hauterivienne du Pasquart, près Bienne.

LÉGENDE :

S... S. Surface de glissement. *Hi.* Hauterivien inférieur marneux.

gien inférieur. Le croquis (fig. 20), dans notre précédente publication, ne rend pas cette situation assez nettement, en ce sens qu'il fait penser qu'il s'agit de

deux lentilles distinctes de marne, tandis qu'en réalité les deux étroits lambeaux de marne communiquent ensemble en amont de l'écaille inférieure de Valangien, ainsi que cela ressort du profil. (Fig. 7.)

La situation de ce gisement est particulièrement intéressante par la facilité avec laquelle on peut suivre le contact entre les écailles de calcaire valangien et la marne hauterivienne. Cette dernière est jaune et évidemment triturée. Epaisse, au maximum, de 50 cm., elle repose sur une couche noduleuse formée d'un tritural de calcaire valangien. En suivant le contact en montant, on voit la marne s'arrêter et faire place à une brèche de dislocation. Cette zone de brèche est assez large et occupe le sommet de la lame intermédiaire; c'est d'elle que se détachent les traînées de nodules calcaires usés qui sont empâtés dans la marne des deux côtés de la lame calcaire.

Les bancs participant à la formation de ces enclaves hauteriviennes sont visiblement indépendants de ceux qui en constituent le mur. Ces derniers ont en effet un plongement de 30 à 35 % S.E., avec une direction de N. 50° E. ; les bancs ayant glissé avec leurs intercalations de marne et de brèche à nodules plongent au contraire au N. de 60°, avec une direction de N. 85° E. La différence d'angle est conséquemment 35°.

Les surfaces de glissement sont presque partout moulées par de la calcite, ce qui atteste l'âge assez reculé de leur formation.

XXII

Observations géologiques sur la Montagne de Diesse et le vallon du Jorat

Communiqué dans la séance du 4 mars 1904

Le plateau de Diesse (Tessenberg) fait partie du synclinal qui s'introduit au N.E. de Saint-Blaise, entre Châtollion et Chaumont. Très étroite dès son origine jusqu'à la Métairie de Lignières, cette cuvette, après avoir atteint l'altitude de 800 m. environ, s'élargit subitement pour atteindre près de 3 km. de largeur. Dès lors, elle se rétrécit peu à peu vers le N.E., pour devenir un étroit couloir à partir de la Praise. Près d'Orvin, il y a de nouveau une tendance à s'élargir, grâce plutôt à l'action de l'érosion glaciaire qui n'a laissé subsister que bien peu des flanquements néocomiens qui devaient jadis s'élever sur ses bords. Il est traversé par la Suze près de Frinvillier. A Vauffelin encore, le synclinal est fort étroit.

Quoique moins élevé que le plateau des Ponts, la Montagne de Diesse offre une grande analogie avec celui-ci. La fermeture brusque du synclinal, du côté S.O., se produit chez les deux d'une façon tout à fait semblable. La combe de Lordel et des Gratterets est absolument homologue à la combe du Roumaillard et de Pellaton. Le chaînon du Rochoyer est l'homologue du Crêt Pellaton. Enfin, tout comme la Montagne de Diesse, le plateau des Ponts se rétrécit graduellement vers le N.E., mais bien plus lentement, car ce n'est qu'au N.E. de Boinod, après 18 km., qu'il prend

l'aspect d'un étroit vallon, tandis que le plateau de Diesse subit cette transformation en moins de 9 km.

Une autre analogie réside dans la présence de renversements sur les flancs. La Montagne de Diesse, bien plus encombrée de dépôts glaciaires, ne permet pas de constatations bien continues sur les terrains qui remplissent le pli synclinal. Les terrains formant le milieu de celui-ci, même ceux qui constituent ses bordures, sont presque partout cachés par le manteau morainique qui recouvre si uniformément et avec une épaisseur désespérante toute l'étendue du plateau. Les terrains rocheux qui surgissent de la couverture détritique appartiennent presque sans exception au Jurassique. Cependant, sur le bord S.E., entre Lignières et Prêles, on rencontre quelques affleurements de Valangien. M. Baumberger a donné des détails stratigraphiques très complets sur ces gisements[1]. Ce qui suit complètera ses observations sur quelques points.

1. *Le renversement des couches sur le flanc S.E.* ressort de la comparaison entre la position des assises du Valangien inférieur près du Moulin de Lamboing, avec celles de Prêles. Le profil ci-contre (fig. 8) en donne la situation générale. Près de Prêles, le plongement du Valangien est dirigé de 5 à 6° au N.W., alors qu'au Moulin de Lamboing on le retrouve avec le même plongement, mais environ 80 m. plus bas. Cette dénivellation des mêmes couches, placées sur la même ligne, ne peut s'expliquer que si entre deux existe un flanc moyen vertical ou même renversé au delà de la verticale. Les dépôts glaciaires ne permettent pas de

[1] E. Baumberger. Beiträge zur Kenntnis der Kreidebildungen, etc., *loc. cit.*

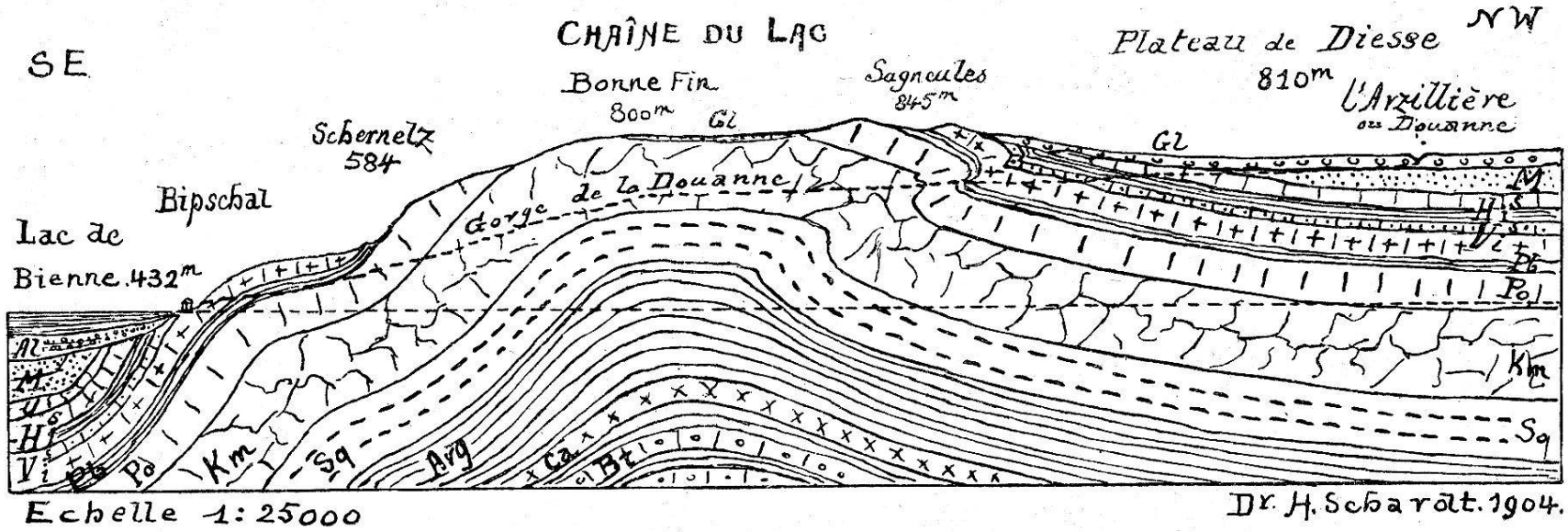


Fig. 8. Profil géologique de la chaîne du lac entre le lac de Bienne et le plateau de Diesse.

LÉGENDE :

Al. Alluvions; *Gl.* Glaciaire; *M.* Mollasse; *H. s., i.* Hauterivien supérieur et inférieur; *V. s., i.* Valangien supérieur et inférieur; *Pb.* Purbeckien; *Po.* Portlandien; *Km.* Kimmeridgien; *Sq.* Séquanien; *Arg.* Argovien; *Ca.* Callovien; *Bt.* Bathonien.

faire cette constatation. Par contre, les assises du Portlandien et celles du Kimmeridgien, visibles à l'entrée supérieure de la gorge de la Douanne, ne laissent pas de doutes à cet égard. Le Kimeridgien s'enfonce subitement en se renversant ; le Portlandien, plus haut, fait de même. Les couches peu épaisses de ce dernier font nettement saillie au milieu des broussailles. Leurs contours dessinent donc ici un pli en forme de Z.

2. *La bordure valangienne entre Lignières et Prêles* se montre bien à découvert, d'abord aux « Vieilles Roches » à l'E. de Lignières, où une carrière pour l'extraction de « groise » pour le chargement des routes a entamé la base du Valangien inférieur [1], le Purbeckien et la dolomite saccharoïde du Portlandien. Ce gisement est intéressant parce qu'il montre tout d'abord la faible épaisseur de la marne purbeckienne, marne grise, fétide au choc, avec nombreux débris de coquilles brisées, et dont l'épaisseur n'atteint que 1 m. Un autre intérêt réside dans la présence de nodules de friction de calcaire valangien empâtés dans la marne purbeckienne. Il y a notamment dans la partie la plus profonde de la carrière un bloc de calcaire valangien entièrement isolé, enchassé dans la marne sous-jacente au massif calcaire. Il est délimité par des surfaces de friction très nettes et la marne qui l'entoure est feuilletée, comme par lamination. Ce bloc se rattache évidemment à une lame du calcaire valangien qui se voit dans la partie S. de la carrière ; elle est détachée de la plaque calcaire par une petite

[1] Nommé Berrias ou « Berriasien », par M. Baumberger. Ce même nom figure aussi sur le chronographe de M. Renevier. La dénomination de Valangien inférieur mérite toutefois la priorité.

faille d'affaissement (voir fig. 9). Le mécanisme de l'inclusion de ce bloc de calcaire valangien dans la marne ne peut pas s'expliquer par un glissement spontané, vu le faible plongement des couches. Les morceaux paraissent d'ailleurs comme roulés dans la marne. On ne peut s'expliquer leur origine que par un *glissement tectonique du Valangien* sur la marne plastique du Purbeckien, c'est-à-dire par un mouvement du N.W. au S.E. Entrecoupée par la petite

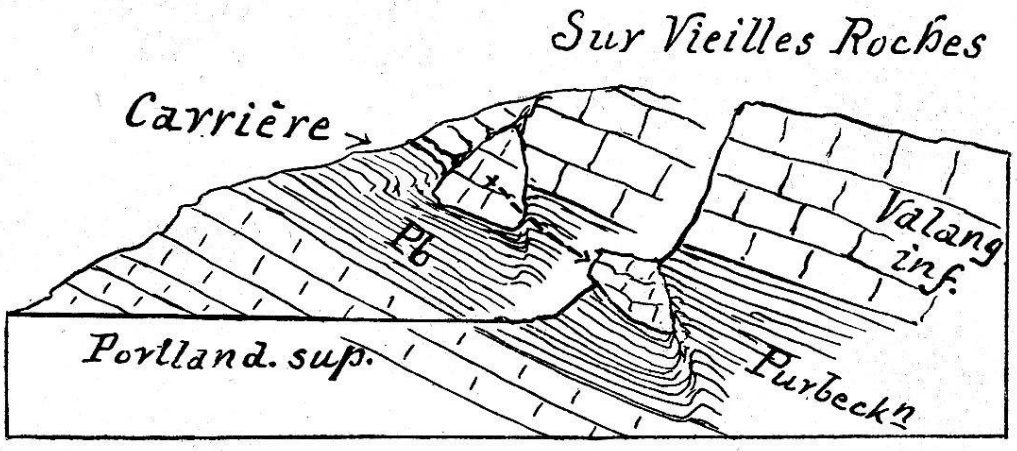


Fig. 9. Coupe du contact du Valangien, du Purbeckien et du Portlandien supérieur dans la carrière des Vieilles Roches, près Lignières.

faille mentionnée, la partie saillante de la couverture valangienne a été arrachée pendant le glissement de la plaque et empâtée dans la marne. La lame encore adhérente à la plaque du Valangien est un témoin de la réalité de ce mécanisme. La faible épaisseur du Purbeckien est sans doute aussi une conséquence de ce glissement, lequel est le résultat de la courbure que la série des couches a eu à subir pour former le synclinal au flanc probablement renversé plus bas, comme à Prêles.

3. *Dans l'ancienne carrière des Pâturages dessus,* près des Sagneules sur Prêles, se voit un autre accident qui rentre dans le même ordre de phénomènes. M. Baumberger *(loc. cit.)* indique dans l'énumération des couches de cette carrière trois couches de calcaire marneux friable (bröckelig) avec gastéropodes, etc. (les couches 3, 5 et 7). En examinant cette coupe, je fus frappé par le fait que la couche 5 se termine rapi-

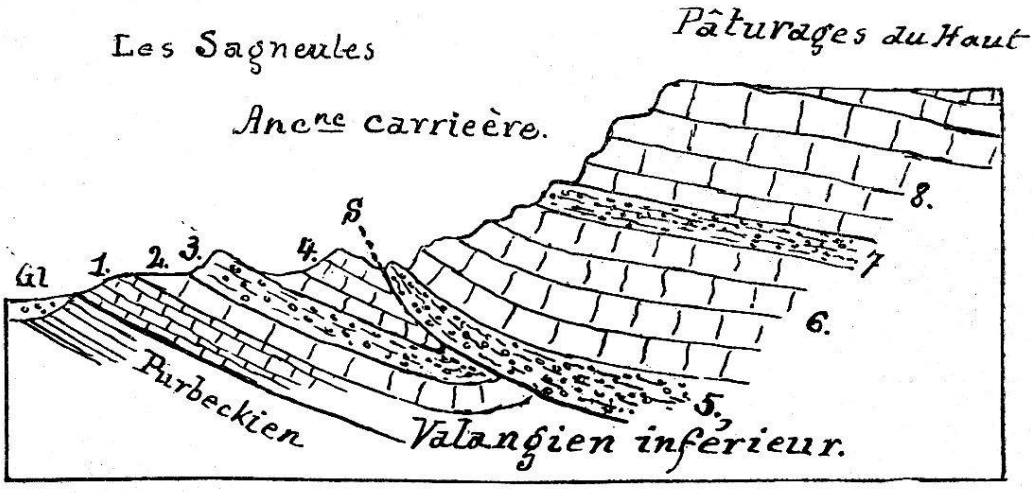


Fig. 10. Coupe du Valangien inférieur
dans la carrière des Pâturages dessus, près Prêles.

1.	Calcaire marneux friable	0m,50
2.	Calcaire jaune clair	0m,20
3.	Calcaire noduleux à gastéropodes	0m,50
4.	Marbre bâtard	0m,50-1m
5.	Calcaire noduleux à gastéropodes	0m-0m,50
6.	Marbre bâtard	2m,50
7.	Calcaire noduleux	0m,50
8.	Marbre bâtard	3-4m

dement du côté du S.W. et disparaît sur le bord d'une surface de glissement en s'écartant de la couche 3 par suite de l'épaississement du banc 4, fait que relève aussi M. Baumberger. En même temps elle se rapproche de la marne 7 par réduction du banc 6. Du côté du N.E. au contraire, cette couche 5 se rapproche

de la couche 3 et se confond finalement avec elle, autrement dit la couche 4 disparaît. La conclusion est *que nous avons là un dédoublement de couches par une faille oblique à la stratification.* La couche 5 est la même que la couche 3, de même le banc 4 est la même assise que 6. La fig. 10 donne la situation telle qu'elle se présente réellement.

4. *Dans le vallon du Jorat,* au fur et à mesure que s'opère le rétrécissement du synclinal, on voit apparaître des marnes et des grès tendres appartenant au noyau tertiaire du synclinal. Jusqu'ici le Tertiaire n'a été constaté positivement que dans cette partie de la cuvette; mais il est probable qu'il y en a sur toute l'étendue sous les dépôts glaciaires. Ces formations tertiaires doivent appartenir à la mollasse d'eau douce inférieure (Aquitanien). On les exploite activement près de la Tuilerie, au-dessus des Praises, ce qui permet de se rendre compte facilement de l'identité de ces dépôts avec ceux de la bordure du Jura. Ce sont des marnes argileuses grises ou jaunâtres, alternant avec des grès tendres.

La base de ces dépôts tertiaires est une marne rouge, dont la présence est facile à reconnaître par la couleur des produits du délitement. Le Néocomien ne se voit que localement en place; ses débris, par contre, recouvrent partout la mollasse. Du côté N.W. les calcaires portlandiens sont redressés verticalement ou même renversés. *On peut conclure de ce fait que l'étroitesse du synclinal dans la zone du Jorat n'est pas uniquement due à la diminution en largeur de la cuvette elle-même et à sa surélévation, mais en partie du moins au renversement des flancs qui se sont déversés par-dessus le noyau synclinal en écrasant celui-ci.*

Le fond du synclinal est probablement plus large que son entrée. Cette circonstance a sans doute aussi contribué à la conservation du noyau tertiaire à un endroit où il aurait certainement été enlevé par l'érosion s'il avait été simplement appliqué dans une cuvette en forme de V. La forme du pli est ici celle d'un fond de chaudière, ♋. Dans la partie inférieure du vallon, entre la Tuilerie et les fermes du Jorat, on voit distinctement une dislocation très caractéristique pour les synclinaux à flancs renversés. Le Néocomien presque vertical est rompu par une fissure horizontale et le Valangien inférieur a glissé sur le Hauterivien. C'est une cassure de jambage (Schenkelbruch).

XXIII

Observations géologiques sur les environs de Couvet

Communiqué dans la séance du 18 mars 1904

La partie du Val-de-Travers entre Couvet, le Chablais et le Mont de Couvet, présente un intérêt particulier, parce que c'est là que les derniers vestiges du synclinal des Ponts et de la Sagne, qui se poursuivent par la Combe Pellaton et les Monts de Couvet, viennent se confondre avec le synclinal du Val-de-Travers, pour s'en séparer de nouveau au S.O. de Buttes, en constituant la cuvette néocomienne de la Côte-aux-Fées. La fusion de ces deux importantes zones synclinales n'est donc que temporaire et motivée probablement par le pli-faille du Malmont, qui coïncide précisément avec *l'abaissement de la zone synclinale des Ponts et de l'anticlinal qui la sépare du Val-de-Travers*. Cet anticlinal

s'enfonce, en effet, sous le palier de Plancemont, où bientôt le Valangien le recouvre complètement. Il réapparaît près de Buttes, comme anticlinal de la combe, lequel se prolonge jusqu'à la Vraconne près Sainte-Croix. Cet anticlinal se dessine dans le ravin du Sucre avec une régularité tout à fait remarquable. Le chemin du Loup, sentier qui suit une des corniches formées par les alternances calcaires et marneuses du Portlandien, permet de franchir le sommet de l'arc de cette voûte presque régulière. Du côté N.W. cependant, le plongement du pied-droit est plus fort que du côté S.E. (Voir pl. II, fig. 1 et 2.)

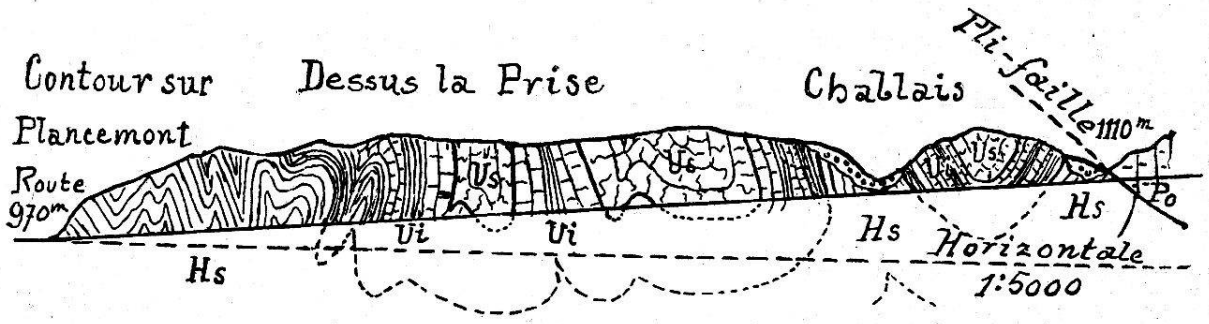


Fig. 11. Coupe montrant les replis du Néocomien le long de la route de la Brévine, entre Plancemont et le Chablais.

LÉGENDE:

Us. **Urgonien supérieur;** *Ui.* **Urgonien inférieur;** *Hs.* **Hauterivien supérieur;** *Po.* **Portlandien.**

Le chevauchement du Malmont se poursuit depuis le Roumaillard par le Bas du Malmont et le Chablais, jusqu'au-dessus de Boveresse. Il met en contact le Portlandien ou le Kimmeridgien avec le Valangien, ou même avec l'Urgonien. On voit ce contact anormal très distinctemeut sur la route des Sagnettes près du Chablais; à quelques pas de l'Urgonien, on trouve le Portlandien, puis le Kimmeridgien s'enfonçant en sens inverse. (Voir les profils 1 et 2, pl. II.) Entre ce point

et le plateau de Plancemont, l'effet de ce pli-faille exagéré jusqu'à un chevauchement d'environ 200 m., se traduit par des replis fort énergiques du Néocomien. Les bancs du Hauterivien supérieur avant le contour de la route sur Plancemont, puis ceux de l'Urgonien qui suivent au-dessus du ravin du Sucre, sont repliés en zig-zag à plusieurs reprises, ainsi que le montre le croquis fig. 11.

Près de l'entrée de la Cluse du Sucre, existe une belle coupe du Valangien inférieur et surtout de la zone intermédiaire entre celui-ci et le calcaire limoniteux du Valangien supérieur, visible dans la tranchée du chemin de fer. Cette zone moyenne marno-calcaire représente la base du Valangien supérieur (zone d'Arzier). Contrairement à ce qui se présente dans d'autres gisements des marnes d'Arzier, la séparation entre les couches marneuses et le marbre bâtard du Valangien inférieur n'est pas nette, mais il y a passage graduel entre les deux sous-étages. Je place cependant la limite au-dessus du premier gros banc calcaire ayant le caractère du marbre bâtard. Voici la coupe de cette formation intéressante, une des plus complètes de notre Jura, après celle de la tranchée du chemin de fer aux Buges sur Trois-Rods [1].

Valang. sup. { 19. Calcaire limoniteux riche en gros grains de limonite, visible sur 1 m. au-dessus de la zone marneuse, mais mesurant une dizaine de mètres dans la tranchée du chemin de fer et sur la route de Plancemont.

[1] Voir Schardt et Dubois. Gorges de l'Areuse, *loc. cit.*, p. 257.

		Mètres
Valangien supérieur	18. Marne jaune tendre	2,00
	17. Banc calcaire pur marneux avec Ostracés.	0,10
	16. Marne jaune	0,50
	15. Banc marno-calcaire avec Térébratules	0,15
	14. Marne jaune grenue	0,20
	13. Calcaire jaune oolitique	0,20
	12. Marne jaune tendre avec Térébratules	0,10
	11. Six couches de calcaire jaune oolitique séparées par des délits marneux de même couleur	1,75
	10. Marne grise grenue	0,35
	9. Calcaire gris oolitique	0,12
	8. Marne jaune remplie de petits Ostracés	0,05
	7. Calcaire compact blanc	0,30
	6. Marne jaune	0,04
	5. Calcaire compact jaune	0,50
	4. Délit marneux jaune	0,05
Valang. inférieur	3. Calcaire oolitique compact jaunâtre .	1,70
	2. Marno-calcaire avec zone plus calcaire au milieu	0,50
	1. Massif calcaire compact, finement oolitique blanc ou rosé (marbre bâtard), visible sur	6,00

La limite entre le Valangien supérieur et inférieur se place le plus naturellement entre les couches 3 et 4; peut-être faudrait-il même la descendre sous le banc 2, à cause du faciès oolitique jaune de la couche 3. On constatera en outre la présence d'intercalations calcaires de couleur blanche dans le complexe marneux, ce qui montre l'enchevêtrement du

faciès marneux du Valangien supérieur et du faciès calcaire du marbre bâtard.

Cette succession a été relevée par moi en 1895, lorsque la carrière qui l'a rendue visible était abandonnée depuis peu de temps. Depuis lors, le délitement et les éboulements ont passablement recouvert l'affleurement. M. BAUMBERGER [1] a également étudié cette série et l'a comprise dans l'un de ses profils du Valangien du Jura. On verra par la comparaison de ces deux relevés jusqu'à quel point les deux sont coïncidents.

M. Baumberger place la limite entre le Valangien supérieur et son Berriasien (Valangien inférieur) au-dessus de la couche 9, donc passablement plus haut que je ne suis tenté de le faire. Cette divergence de vues montre une fois de plus qu'il ne convient pas de diviser le Valangien en deux étages distincts. Le Valangien supérieur et le Valangien inférieur ne sont en réalité que deux faciès qui peuvent se substituer plus ou moins complètement, ce qui explique les variations considérables de l'épaisseur de ces sous-étages.

Voici la liste des fossiles que j'ai constatés dans ce gisement :

Terebratula valdensis, de Lor. — 18 échantillons.
T. russillensis, de Lor. — 7.
T. latifrons, Pict. — 1.
T. Germaini, Pict. et C. — 1.
Nerinea Etalloni, Pict. et C. — 5.
N. Favrina, Pict. et C. — 1.

[1] E. BAUMBERGER. Die Fauna der unteren Kreide im Westschweiz. Jura. Stratigraphische Einleitung. *Mém. Soc. pal. suisse,* t. XXX, 1903, p. 46.

Natica valdensis, Pict. et C. — 1.
Pholadomya elongata, Münst. — 1.
Venus Vendoperi, Leym. — 1.
Cardium Gillieroni, Pict. et C. — 7.
C. valdense, Pict. et C. — 4.
C. Jaccardi, Pict. et C. — 6.
Astarte transversa, Leym. — 1.
Psammobia Gillieroni, Pict. et C. — 1.
Modiola spec.
Lima Etalloni, Pict. et C. — 1.
Janira valangiensis, Pict. et C. — 1.
Ostrea Sanctæ Crucis, Pict. et C. — 21.
O. Etalloni, Pict. et C. — 3.
Alectryonia tuberculifera, Koch. et Dunk. — 3.
Monopleura corniculum, Pict. et C. — 1.

Ces fossiles se retrouvent pour la plupart dans la marne d'Arzier et dans le Valangien supérieur d'autres gisements. Les variations d'épaisseur de la marne dite d'Arzier, son absence complète dans nombre de localités permettent d'affirmer que ce n'est là qu'un *faciès marneux de la base du Valangien supérieur*. Notre Valangien supérieur présente ainsi trois faciès, celui du calcaire roux, celui du calcaire limoniteux et le faciès marneux. Ces trois faciès peuvent se substituer même complètement. C'est ainsi qu'au-dessus de Saint-Blaise (Châtollion) et sur Hauterive, on voit le faciès du calcaire limoniteux directement superposé au marbre bâtard, en pénétrant dans les rugosités de la surface de celui-ci. Ce dernier se distingue dans la règle par sa nature compacte et ses lits plus épais, sa couleur jaune-clair ou souvent presque blanche.

On n'est d'ailleurs pas sûr de la constance de la limite entre le Valangien inférieur et supérieur. On

la fait coïncider habituellement avec le contact des deux faciès. Mais il est évident que cette dernière limite est variable suivant la durée des conditions qui ont présidé à la formation de ces deux faciès sédimentaires.

La dénomination du Valangien inférieur comme étage *Berriasien* me paraît tout à fait inopportune, déjà pour ce motif. Le Valangien supérieur, devenu par ce fait le seul étage valangien, ne saurait jouer le rôle d'un étage, car il n'en a ni l'importance stratigraphique, ni l'importance paléontologique. La seule modification dans la nomenclature qui me paraîtrait compatible avec les faits, ce serait la restriction du nom de Valangien au Marbre Bâtard = niveau des couches du Berrias et la réunion du Valangien supérieur au Hauterivien. Les marnes à fossiles pyriteux du Valangien du Midi de la France paraissent, en effet, avoir une plus grande affinité avec le Hauterivien inférieur qu'avec le Valangien inférieur. Toutefois, je préfère de beaucoup encore le maintien du *statu quo*, tout en reconnaissant que les limites des étages sont sujettes à des fluctuations, en raison des variations de durée des conditions déterminant les faciès [1].

[1] Dans son récent mémoire *(loc. cit.)*, M. Baumberger annonce le parallélisme entre les couches du Berrias et le Valangien inférieur comme une découverte récente, disant qu'auparavant on avait admis une lacune stratigraphique. Ce parallélisme a cependant été indiqué déjà en 1874, par M. Renevier (Tableau des terrains sédimentaires) et même, *pro parte*, par Mayer-Eymar en 1872.

XXIV

Découverte d'un chevauchement près de Montezillon

Communiqué dans la séance du 13 mai 1904

La région entre les Gorges de l'Areuse et Rochefort est, comme on sait, fortement accidentée au point de vue tectonique, par deux chevauchements (plis-failles exagérés). L'un, le pli-faille du château de Rochefort, fait chevaucher tout le Malm de cet anticlinal sur le Néocomien du synclinal qui s'élève par la combe aux Epines (synclinal du Val-de-Travers-Rochefort). L'autre intervient au point même où la première dislocation semble s'éteindre, sous forme d'un chevauchement de l'anticlinal de la Montagne de la Tourne sur ce même synclinal, mais avec un mouvement en sens inverse. Si, dans le premier cas, la voûte de Rochefort semble avoir été poussée par-dessus le synclinal, dans le deuxième cas c'est le synclinal qui semble avoir été poussé sous l'anticlinal, en venant occuper une niche sur le flanc de celui-ci, qui paraît comme défoncé. C'est à cette situation même qu'il faut attribuer la conservation du lambeau d'Albien, de Cénomanien et de Tertiaire du Baliset. Dans notre carte de la région des Gorges de l'Areuse[1], nous avons, M. Aug. Dubois et moi, admis, sinon la continuation, du moins l'équivalence de ces deux accidents. Le pli-faille du Baliset, aussi important qu'il soit, s'arrête certainement peu après la Combe Léonard; il ne

[1] Voir Schardt et Dubois. Le Crétacique moyen du synclinal Val-de-Travers-Rochefort. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXVIII, 1900.

dépasse en tout cas pas le hameau des Grattes. Or, c'est juste en face de ce point que l'anticlinal peu saillant de la forêt de Corcelles et de Montezillon est atteint d'un accident des plus curieux, qui se traduit par un dédoublement du flanc N.W. de l'anticlinal, en recouvrant constamment une lame de Valangien pincée entre le Purbeckien et le Portlandien ou le Kimeridgien de la partie chevauchée. La carte géologique jointe à cette notice permet de saisir les relations de ces accidents curieux.

Rien dans les allures extérieures du tronçon de cet anticlinal, qui est intermédiaire entre la gorge du Seyon et celle de l'Areuse, ne permet de supposer un accident de cette envergure. Sur la traversée du Seyon, dans la profonde coupure, l'anticlinal se montre, quelques accidents très locaux exceptés, d'une régularité parfaite. D'autre part, le chevauchement du château de Rochefort, prolongement du pli-faille de la Montagne de Boudry, relayé par celui du Baliset, semble éteint. Ce tronçon de chaîne depuis Rochefort, Montezillon, Montmollin, par la forêt de Serroue, de Corcelles et de Peseux, ne paraît être qu'un segment affaissé entre les hautes arêtes de la Montagne de Boudry (1300 m.) et Chaumont (1150 m.). En effet, son altitude n'atteint nulle part 900 m. Sa surface est peu accidentée, couverte de magnifiques forêts, en raison de la nature calcaire du sous-sol, ou de cultures, lorsque la couverture morainique a produit suffisamment de terre arable.

Ma surprise fut grande, lorsqu'il y a quelques années déjà, en janvier 1902, lors d'une expertise concernant des recherches d'eau près de Montezillon, je reconnus que la couche aquifère dont il s'agissait

était formée par du Purbeckien, surmonté par du Valangien inférieur et qu'au-dessus de celui-ci s'élevait un talus en partie rocheux quoique boisé, — la forêt de Corcelles — formé de Kimeridgien et de Portlandien en position anormale sur le Valangien. Depuis lors, j'ai fait une série d'excursions dans cette région de dislocation et j'ai constaté les faits suivants :

1. Le pli-faille en question s'amorce en face du hameau des Grattes, sur le versant N.W. du petit chaînon qui porte le nom de Forêt de Corcelles, à l'endroit même où passe le chemin des Grattes à Montezillon. Ce chemin traverse l'arête au point où le Valangien finit.

2. En suivant le contact entre la plaque chevauchée et le Valangien, on constate que la trace de cet accident commence sur le versant N.W. du chaînon et passe ensuite sur le versant S.E. en faisant se superposer d'abord le Portlandien saccharoïde sur le Valangien ; puis c'est le Portlandien moyen qui s'intercale entre deux. Au-dessus de Montezillon enfin, on voit le Portlandien inférieur, puis le Kimeridgien en grande épaisseur se superposer au-dessus du Néocomien.

3. Entre Montezillon et la tranchée du chemin de fer, près Montmollin, la lame chevauchée est séparée de la corniche du Valangien par un large plateau incliné et couvert de cultures, qui permet de supposer là les marnes hauteriviennes au pied de l'escarpement de Kimeridgien. Cependant, il n'a pas été possible d'y constater la présence de ce terrain, en raison de l'épaisseur des dépôts morainiques qui recouvrent cette surface. Il faudrait faire des sondages pour s'en assurer.

4. La trace du contact anormal est traversée par la voie ferrée au N.E. de Montezillon, à l'entrée de la tranchée du chemin de fer, qui coupe le Kimeridgien et le Portlandien.

5. Au pied de la petite forêt entre Montmollin et la tranchée du chemin de fer, on a pu voir, lors de travaux de fouille pour une nouvelle construction, le contact immédiat du *Valangien supérieur* avec le Kimeridgien superposé à lui.

6. Le contact anormal traverse le milieu du village de Montmollin, puis il se poursuit entre les deux collines boisées situées au N.E. de cet endroit. Le Valangien inférieur qui se voit au bord de la route, au S.E. de Montmollin, est fortement disloqué et bréchoïde.

7. On retrouve le contact anormal sur le versant S.E. de la colline des Serroues, entre la Perreyre et les Cernils. Le socle de cette colline est formé de Valangien inférieur reposant sur le Purbeckien, tandis que le second escarpement, l'arête culminante et le versant N.W. sont du Portlandien inférieur. La deuxième arête qui suit au N.W. est du Portlandien moyen et supérieur supportant le Purbeckien et le Valangien en position normale.

8. Enfin aux Cernils, le chevauchement s'arrête brusquement. Il ne peut en tout cas pas se continuer bien loin dans la forêt de Peseux, où les affleurements font défaut.

M. Aug. Dubois, à qui j'avais signalé cet accident, est arrivé aux mêmes conclusions ; il a pu voir en particulier, lors de la pose d'une conduite d'eau entre les Grattes et Montezillon, la superposition anormale du Portlandien sur le Valangien dans la tranchée à travers la forêt de Corcelles. A l'endroit où s'amorce

cette dislocation sur le flanc de l'arête vis-à-vis des Grattes, le Portlandien supérieur a entraîné le long du plan de glissement une lame de Purbeckien restée pincée entre le Valangien et le Portlandien. Les deux sont en position non renversée, sinon on pourrait croire à un pli couché, ce qui n'est certainement pas le cas.

Les deux profils ci-dessous (fig. 12) permettent de se rendre compte de cet accident si singulier et si inattendu.

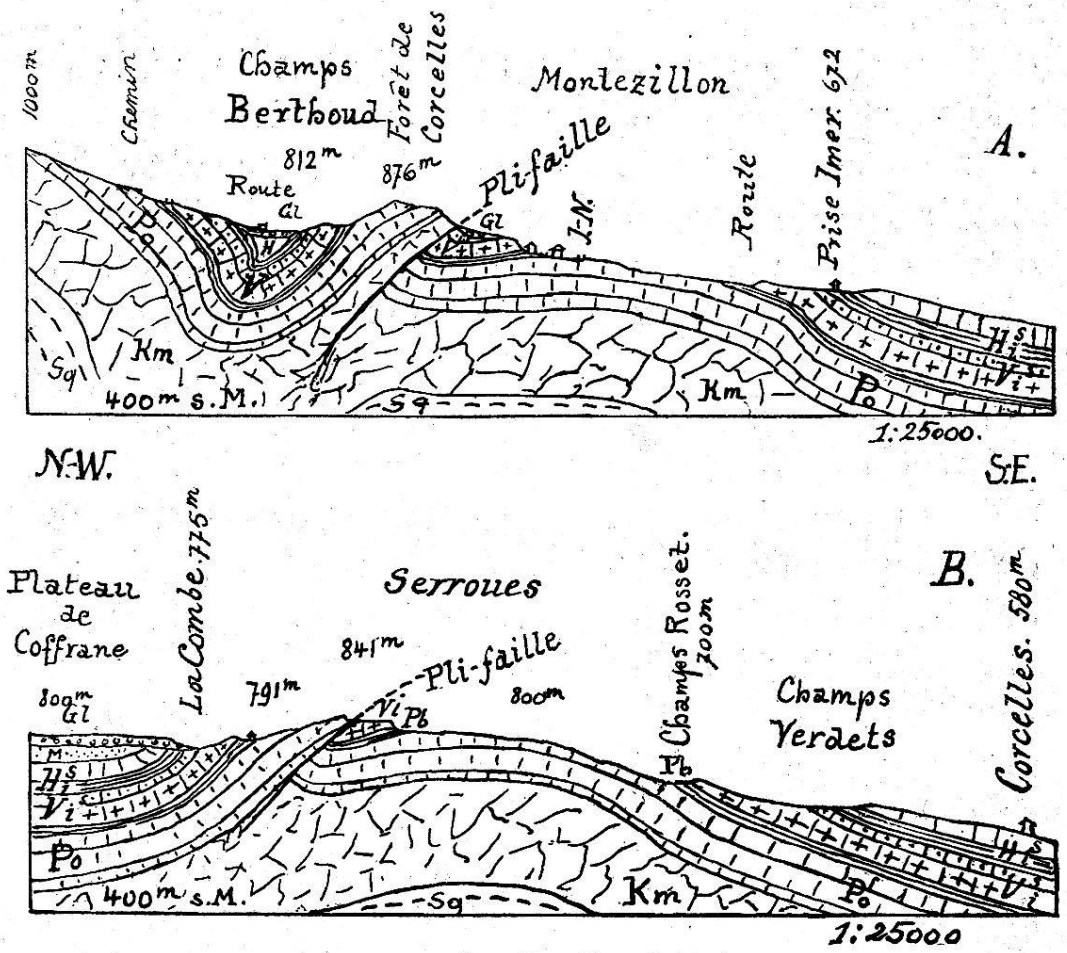


Fig. 12 A et *B*. Profils géologiques par le chaînon de Montezillon (forêt de Corcelles) et de Serroue, montrant le chevauchement par pli-faille.

LÉGENDE :

Al. **Alluvions**; *Gl.* **Glaciaire**; *M.* **Mollasse**; *H. s., i.* **Hauterivien supérieur et inférieur**; *V. s., i.* **Valangien supérieur et inférieur**; *Pb.* **Purbeckien**; *Po.* **Portlandien**; *Km.* **Kimmeridgien**; *Sq.* **Séquanien**; *Arg.* **Argovien**; *Ca.* **Callovien**; *Bt.* **Bathonien.**

XXV

Origine de la source de l'Areuse (la Doux)

Communiqué aux séances du 18 mars et du 18 juin 1904

(Voir les planches I et II.)

La rivière de l'Areuse, qui arrose le Val-de-Travers et va se jeter dans le lac de Neuchâtel, près de Cortaillod, est en partie le résultat de la concentration de la pluie s'écoulant à la surface du terrain, mais ses affluents les plus importants sont plusieurs grandes sources vauclusiennes. La *source de la Doux* près Saint-Sulpice, nommée communément « Source de l'Areuse », est la plus importante parmi celles-ci. Les plus notables des autres sont *La Noiraigue*, les sources du *Buttes*, celles de la *Raisse*, formant le Fleurier, le torrent temporaire du *Sucre,* etc.

Le champ collecteur superficiel direct de l'Areuse est peu considérable et ne comprend que la surface de la cuvette du Val-de-Travers proprement dit, depuis Saint-Sulpice à Noiraigue. C'est la partie occupée par le Tertiaire imperméable, dont les eaux arrivent par divers ruisselets dans le cours d'eau principal. Le seul affluent superficiel permanent en dehors du Val-de-Travers, est le ruisseau de Noirvaux, dit aussi Noiraigue. C'est le plus long affluent superficiel de l'Areuse (18 km.). Et cependant, il tend comme le Sucre à passer aussi à l'état temporaire. En effet, au moment des basses eaux d'été ou d'hiver, la Noiraigue de Noirvaux se perd complètement au-dessous de Longeaigue. Son lit est alors à sec sur plusieurs kilo-

mètres de longueur. De distance en distance seulement, on voit apparaître des émergences d'eau appartenant aux eaux de fond (eau phréatique) qui cheminent dans le remplissage d'alluvion de la vallée. Ce n'est qu'à partir du village de Buttes, où il prend le nom de Buttes, que ce cours d'eau devient de nouveau définitivement permanent par l'apport d'eau d'une série de sources vauclusiennes qui jaillissent sur sa rive droite du calcaire kimeridgien. Avec cette réduction en basses eaux du ruisseau de Noirvaux, est en relation le régime torrentiel de plus en plus accentué du Buttes. Il en est de même du torrent du Sucre, dont le lit est à sec pendant la plus grande partie de l'année, alors qu'il y a 50 ans il accusait encore un débit constant [1].

Le champ tributaire des grandes sources qui forment l'Areuse peut être assez exactement délimité, grâce à nos connaissances sur la structure géologique de cette région.

Déjà Desor s'était occupé de ce problème et avait exprimé l'opinion que la source de la Doux était formée par les eaux absorbées par les emposieux de la vallée de la Brévine, notamment du lac des Taillères et que la Noiraigue avait comme origine les eaux disparaissant sous terre dans la vallée des Ponts. Il avait même expérimenté sur le principal emposieu de la vallée des Ponts, l'emposieu du Voisinage, en introduisant dans l'eau qui disparaît là sous terre, une certaine quantité d'amidon (environ 50 kgr.) et en

[1] Il est avéré que nombre de cours d'eau du Jura s'enfouissent dans le sol. Leur cours superficiel est remplacé progressivement, absorbé pour ainsi dire par les cours souterrains qui s'établissent peu à peu dans les terrains calcaires sous-jacents.

cherchant au moyen de teinture d'iode, à obtenir à la source de la Noiraigue la réaction caractéristique [1].

A. Jaccard avait entrepris des recherches synthétiques très complètes sur l'hydrologie du Jura neuchâtelois. Nombre de ses observations ont été publiées dans le Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles. Mais les résultats et les graphiques, notamment sa carte hydrologique, sont restés manuscrits. Ils sont conservés au laboratoire de géologie de l'Académie de Neuchâtel.

Jaccard a exprimé des vues absolument justes sur la provenance des deux principales sources de l'Areuse, l'Areuse ou la Doux et la Noiraigue, en attribuant à la première comme champ collecteur, le synclinal de la Brévine et une partie de celui des Verrières, et à la seconde, le plateau des Ponts et de la Sagne jusqu'à la Corbatière. La relation entre l'emposieu du lac des Taillères et la source de l'Areuse a été démontrée de même par la manœuvre de la vanne de la Scierie du Moulin du Lac [2]. L'ouverture de la vanne, avec un débit de 200 litres par seconde, pendant vingt-quatre heures, occasionna une crue de la source de la Doux au bout de douze heures et pendant cinquante heures environ, avec une augmentation maximale de 200 l. s. pendant douze heures environ.

Il y a longtemps aussi que l'on sait que des orages ayant éclaté sur l'une ou l'autre de ces hautes vallées, il en résulte en moins de vingt-quatre heures des

[1] Voir pour les détails critiques concernant cette expérience et les nouveaux essais faits récemment avec de la fluorescéine : Schardt et Dubois, Gorges de l'Areuse. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXX, p. 339 et pass.

[2] *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XV, 1887.

crues rapides et considérables de ces deux sources. Les sources de l'Areuse et de la Noiraigue ont en effet une individualité parfaite, une indépendance complète, ce que démontre aussi la structure géologique de la région collectrice. Le champ collecteur des cours d'eau souterrains qui alimentent ces deux grandes sources vauclusiennes s'étend bien au delà de ce qu'on appelle les vallées ou plateaux de la Brévine et des Ponts. Les limites longitudinales sont données par les affleurements des marnes argoviennes le long des chaînes qui bordent les synclinaux respectifs. Pour la vallée de la Brévine en particulier, on voit s'intercaler entre le synclinal proprement dit et la bordure argovienne de vastes surfaces de Malm calcaire, sur lesquelles toute l'eau météorique devient immédiatement souterraine, grâce à la fissuration du sol. Il en est de même pour le bassin collecteur de la Noiraigue. C'est en effet la marne argovienne, épaisse de 100-200 m., qui fonctionne dans notre Jura comme fond étanche sur lequel se concentrent les eaux des grandes sources vauclusiennes. Les autres niveaux marneux, Purbeckien, marne hauterivienne, etc. ne produisent jamais de grandes sources. Cette dernière peut cependant servir de déversoir à des sources vauclusiennes (la Serrières, sources de Chamblon, etc.).

Le but de cette note est de résumer plus spécialement des données exactes et précises sur la région tributaire de la source de l'Areuse près Saint-Sulpice.

Le 19 janvier 1900, le Conseil d'Etat du canton de Neuchâtel a nommé une commission chargée d'étudier les moyens de régulariser le débit de la source de l'Areuse dont le régime torrentiel inquiète à juste titre les usiniers utilisant ce cours d'eau. D'autre part le

projet de drainage de la vallée de la Brévine sur une superficie de 400 hectares a donné lieu à une opposition collective de tous les intéressés à l'utilisation des forces hydrauliques de l'Areuse, le drainage étant accusé d'accentuer l'irrégularité du débit des sources et cours d'eau. Une nouvelle commission fut instituée, en date du 23 janvier 1903, pour examiner cette opposition et d'autres. Le rapport de cette dernière commission a été déjà rendu public[1], tandis que la première commission continue encore ses travaux et études.

C'est sous les auspices de ces deux commissions qu'il m'a été donné de faire une série d'études et d'essais de coloration, tendant à fixer les relations entre les eaux superficielles de la vallée de la Brévine avec la source de la Doux et de délimiter aussi exactement que possible le champ tributaire de cette source. Ce travail a été rendu particulièrement intéressant par le fait que, depuis dix ans environ, M. A. Ferrier, directeur de l'usine de la Doux, fait procéder à des jaugeages journaliers de la source de l'Areuse. On connaît ainsi le débit exact de celle-ci, ce qui permet de comparer directement son débit théorique avec le résultat des observations. En attendant le rapport définitif de la commission pour l'étude de la régularisation du débit de l'Areuse, je donnerai dans ce qui suit les résultats scientifiques déjà utilisés pour le rapport de la seconde commission.

Nous sommes moins bien partagés quant à la source de la Noiraigue, le deuxième grand affluent de l'Areuse

[1] H. Schardt, prof., et A. Hotz, ing. cantonal. Rapport présenté au Conseil d'Etat sur les oppositions au drainage de la vallée de la Brévine. Neuchâtel 1904, 31 p., 2 pl.

qui n'a pas fait jusqu'ici l'objet de jaugeages suivis. J'ajouterai cependant encore quelques notes au sujet de l'origine de cette source et son débit théorique, pour autant qu'elles n'ont pas déjà été publiées[1].

A. Champ tributaire de la source de l'Areuse.

Comme l'a déjà fait remarquer A. Jaccard, la source de l'Areuse, qui jaillit à l'altitude 799 m., doit être alimentée par les eaux souterraines provenant de la vallée de la Brévine et des plateaux calcaires voisins, ainsi que d'une partie de la vallée des Verrières. (Voir la carte hydrologique jointe à cette notice.)

Le synclinal de la Brévine est formé par du Néocomien (Valangien et Hauterivien) renfermant un noyau de Tertiaire (mollasse marine) rarement à fleur du sol à cause de la grande extension des dépôts glaciaires argileux et graveleux qui occupent la dépression de cette haute vallée. Le développement de cette couverture morainique est jalonné par des tourbières, ordinairement sous forme de tourbières bombées avec leur végétation arborescente caractéristique de pins, bouleaux etc. C'est dans cette région seulement qu'existent des ruisseaux superficiels au nombre de trois: 1. Le *ruisseau du Cachot* qui déverse ses eaux dans un emposieu en face du Petit-Cachot au milieu de la partie N.E. du synclinal; 2. le *Bied de la Brévine,* servant à alimenter deux scieries et qui se déverse près de ce village dans un emposieu sur le bord S.E. du synclinal (dans le Portlandien supérieur); 3. les eaux qui se concentrent dans le petit *lac des Taillères* (contenance 1 200 000 m³), s'écoulent par un troisième

[1] Aug. Dubois et H. Schardt. *loc. cit.*

emposieu, situé dans le Portlandien, également sur la rive S.E. de ce lac. Elles actionnent l'usine dite du Moulin du Lac (scierie); 4. le *ruisseau des Placettes* venant du côté S.W. de la vallée et qui se dirige d'abord vers le lac des Taillères, s'en détourne subitement à moins de un kilomètre de celui-ci et se déverse dans l'étang de l'Anneta, d'où un bied artificiel amène les eaux à une scierie placée sur l'emposieu même qui est taillé dans le Valangien inférieur. Ces emposieux présentent la particularité que non seulement au moment des hautes eaux leur débit absorbant est insuffisant, les eaux s'accumulent à leur orifice, mais plusieurs d'entre eux regorgent et deviennent *sources*. (La Brévine, Anneta, Les Taillères, Les Verrières.)

Outre ces quatre emposieux principaux, il y en a encore toute une nombreuse série d'autres plus petits qui ne reçoivent que des affluents de faible volume; la plupart ne fonctionnent qu'en temps de pluie ou lors de la fonte de la neige. Comparée au fond de la vallée, la surface des flancs formés par le Malm calcaire (Portlandien, Kimeridgien, Séquanien) offre une surface beaucoup plus grande. Ici les eaux superficielles font défaut, le rocher calcaire couvert de lapiés, entrecoupés de puits (avens), absorbe instantanément l'eau de la pluie et de la neige.

En somme, la totalité de l'eau de la vallée de la Brévine devient souterraine. Il en est de même de la partie de la vallée des Verrières qui doit être comprise dans le champ nourricier de la source de l'Areuse. Ici il y a aussi un emposieu, celui de la scierie de Belle-Perche, situé à l'E. du village des Verrières, au milieu du synclinal; il est creusé dans l'Urgonien.

Le point d'émergence de la source de l'Areuse (799 m.), est déterminé par l'intersection du cirque d'érosion de Saint-Sulpice qui a entamé l'anticlinal de Malmont; elle déborde par-dessus l'Argovien au point le plus bas de son affleurement. Les progressions de l'érosion ont dû abaisser son niveau peu à peu.

La démonstration à obtenir au moyen de la fluorescéine était de montrer que toutes les eaux absorbées par les grands emposieux recevant des eaux superficielles permanentes se rendent dans la source de l'Areuse. Voici les résultats de ces cinq essais :

1er ESSAI. — Emposieu du lac des Taillères (altitude 1042m).

On a introduit entre 6h30m et 6h40m du soir, le 7 septembre 1900, 4 kilogrammes de fluorescéine dans le canal du moulin du lac. La coloration devient visible à la source de la Doux le 20 septembre à 6h du matin, donc après 299 1/2 heures de trajet, en se maintenant jusqu'au 23 septembre au matin; maximum le 21 septembre. Le débit moyen de la source a été pendant ce temps de 786 l. s.

2me ESSAI. — Emposieu de la scierie de l'Anneta (1040m).

On a introduit le 9 mai 1901, entre 5h30 et 5h45 du soir, 4 kilogrammes de fluorescéine dans le canal de la scierie. La coloration devient visible à la source de l'Areuse le 14 mai 1901, à 5h du matin, après 277h30m, et atteint le maximum le même jour à 5h du soir. La disparition a eu lieu le 15 mai dans la journée. Le débit moyen de l'Areuse du 9 au 15 mai 1901 était de 2000 l. s. Il a varié de 4000 à 1200 l. s.

3me ESSAI. — Emposieu du village de La Brévine (1043m).

Le 23 mai 1901, à 5h30, 4 kilogrammes de fluorescéine furent introduits dans le canal qui amène les eaux à l'emposieu de la Brévine. La vanne du barrage était restée ouverte pendant 15 minutes. L'eau était brune et trouble, chargée de matière humique. La coloration est devenue visible à la source de l'Areuse le 31 mai, à 1h de l'après-midi, donc après 189 heures. Le maximum se produit le lendemain 1er juin à 1h après midi. Le 2 juin au soir la coloration a presque disparu. Entre temps deux orages ont lieu le 2 juin au soir et dans la nuit suivante à 1h du matin; la conséquence a été que la coloration a réapparu le lundi 3 juin au cours d'une forte crue, presque aussi nettement accentuée que le 1er juin, pour disparaître le lendemain.

L'explication de ce phénomène se trouve probablement dans la circonstance que dans les canaux souterrains l'eau ne chemine pas avec la même vitesse. Un canal plein d'eau fortement colorée mais presque stagnante a été remis en activité par la crue causée par les deux orages et a reproduit la coloration intense du 3 juin, sinon son renouvellement se serait fait très lentement et la coloration serait restée imperceptible. Le débit moyen de la source du 23 mai au 3 juin a été de 1800 l. s. Du 31 mai au 2 juin le débit a baissé de 3700 l. s. à 1210 pour remonter subitement à 4000 l. s. le 3 juin.

4me ESSAI. — Emposieu de Belle-Perche aux Verrières (927m).

Le 7 mars 1904 à 3h après midi on a introduit dans l'emposieu de la scierie 6 kilogrammes de fluo-

rescéine. La fonte de la neige a commencé et la source de l'Areuse est en crue. La coloration devient visible à la source de l'Areuse déjà le 10 mars à 4h du matin, donc après 61 heures seulement. Le maximum s'est produit le même jour à midi. Le 11 mars après 6h du matin les dernières traces disparaissent. L'Areuse avait pendant ce temps un débit moyen de 3440 l. s. en accusant une crue uniforme de 1830 à 6170 l. s.

5me ESSAI. — Emposieu du Petit-Cachot près de La Chaux-du-Milieu (1042m).

Vu la crue rapide des eaux et la grande distance de la source on a introduit dans le canal de l'ancienne scierie qui existait là, 10 kilogrammes de fluorescéine, le 15 mars 1904 à 4h30 après midi. La coloration devient visible à la source de l'Areuse déjà le 18 mars à 10h30 du matin, donc après soixante-six heures. Le maximum se produit le même jour à 6h du soir. Le 19 mars à midi la coloration était encore nette, quoique beaucoup plus faible. Elle a disparu complètement le 21 mars après midi. Les dernières traces étaient encore visibles au fluorescope sur l'échantillon prélevé à midi.

Le débit moyen de la source pendant cette expérience a été de 10 600 l. s., avec une variation de 3000 à 18 000 l. s.

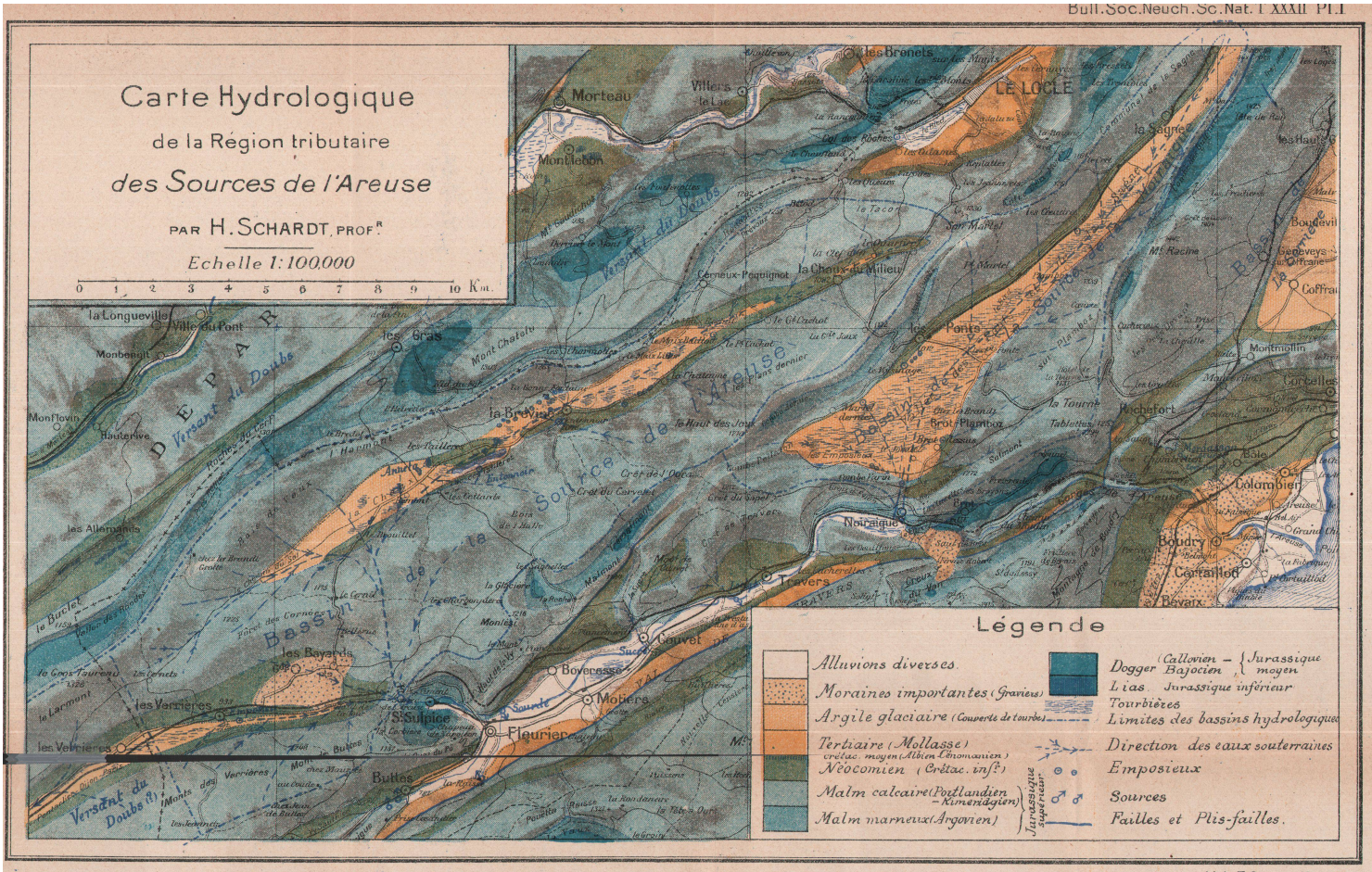
Le résultat de cet essai réduit à néant la croyance fort accréditée dans la contrée que les eaux de la vallée de la Chaux-du-Milieu et du Cachot s'écoulent dans le Doubs. Les observations faites simultanément aux grandes sources jaillissant sur ce versant n'ont fait découvrir aucune trace de coloration.

Ces cinq essais montrent ainsi d'une manière palpable que le champ collecteur de la Doux s'étend bien sur la totalité de la vallée de la Brévine et une partie de celle des Verrières. Ils sont en outre fort éloquents quant à la variation de la vitesse de translation de l'eau souterraine. Voici en effet les distances entre ces emposieux et la source, mesurées le long du cours souterrain supposé d'après la configuration géologique du bassin de concentration, comparées avec la durée du trajet, le temps nécessaire pour parcourir un kilomètre et la vitesse (longueur parcourue en mètres) en 1 heure et en 24 heures :

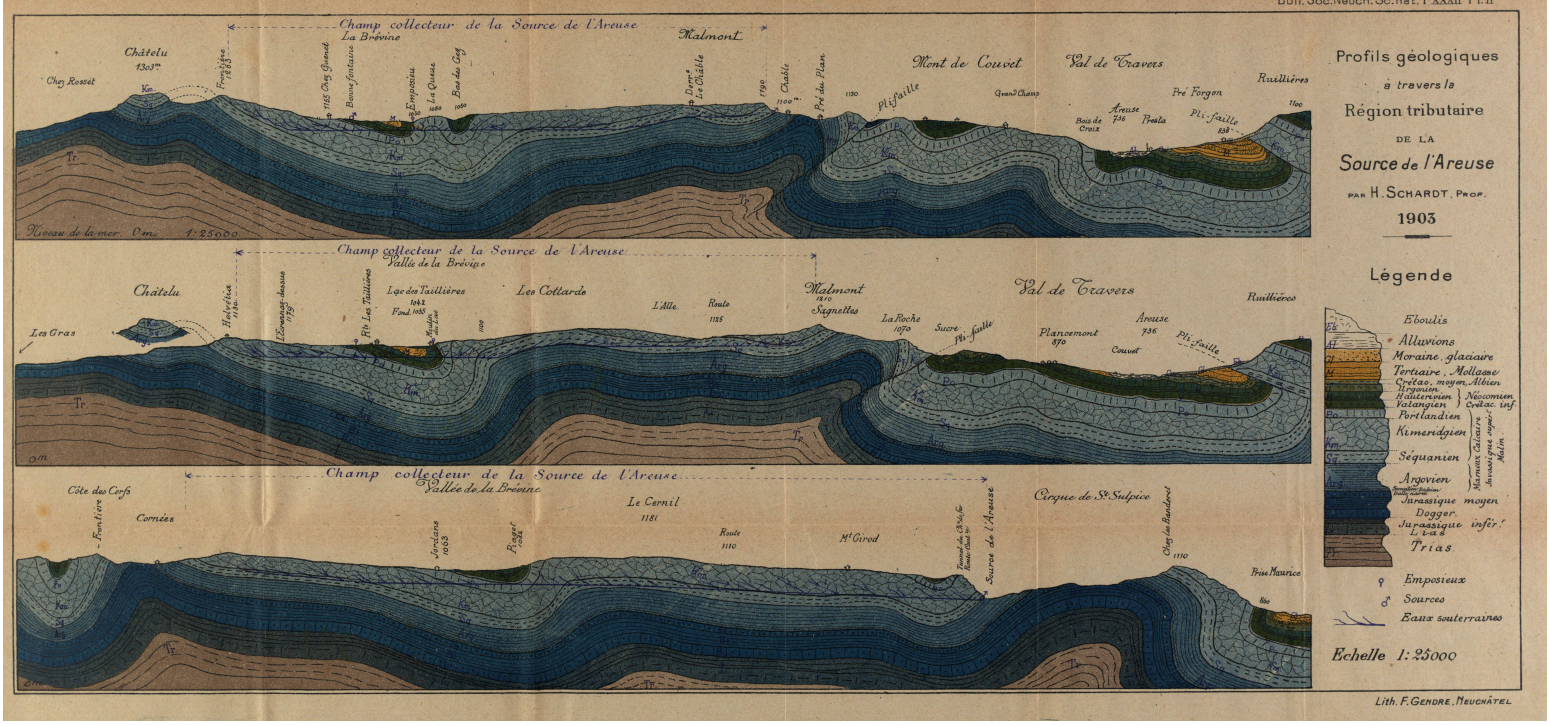
		Distance de la source Kilomètres	Durée du trajet Heures	Temps pour 1 kilomètre Heures	Vitesse de l'eau en 1 heure Mètres	Vitesse de l'eau en 24 heures Mètres
1er essai.	Taillères. .	7500	299	39,8	25	600,0
2me »	Anneta . .	6750	277	26,2	38,1	914,4
3me »	Brévine . .	10900	189	17,35	57,67	1374,0
4me »	Verrières .	4300	61	14,5	75	1800,0
5me »	Petit-Cachot	14700	66	4,5	222,7	5345,0

Etant donné les conditions très différentes qui ont régné dans le régime des eaux souterraines pendant ces divers essais, il est évident que c'est à celles-ci qu'il faut attribuer le résultat surprenant des deux derniers essais surtout. Selon les résultats des trois premiers essais on aurait dû s'attendre à un trajet durant 18-20 jours pour l'essai de l'emposieu du Petit-Cachot, alors que c'est en moins de 3 jours, avec une vitesse de plus de 5 km. par 24 heures, que l'eau s'est déplacée à travers les voies souterraines.

Nous savons d'ailleurs d'après trois essais successifs faits à l'entonnoir qui absorbe les eaux du marais de Baulmes que le trajet peut durer suivant le débit



Lith. F. Gendre, Neuchâtel



Profils géologiques

à travers la

Région tributaire

DE LA

Source de l'Areuse

PAR H. SCHARDT, PROF.

1903

Légende

- Éboulis
- Alluvions
- Moraine, glaciaire
- Tertiaire, Molasse
- Crétac. moyen, Albien
- Urgonien, Hauterivien, Valanginien } Néocomien, Crétac. inf.
- Portlandien
- Kimeridgien
- Séquanien
- Argovien
- Jurassique moyen
- Dogger
- Jurassique infér.
- Lias
- Trias

Malm, Moraine, Calcaire, Jurassique supér.

- Emposieux
- Sources
- Eaux souterraines

Echelle 1:25000

Lith. F. Gendre, Neuchâtel

de 40 à 150 heures pour parcourir les 4 km. qui séparent ce point des sources du Mont de Chamblon (Moulin Chapuis). Dans notre cas, c'est à la fonte rapide de la neige provoquant une crue puissante des cours d'eau souterrains qu'il faut attribuer le trajet très rapide des deux derniers essais.

Il serait intéressant de répéter ces essais au cours d'une année en choisissant les époques de crue, de hautes eaux, de décrue, et de basses eaux.

D'autres renseignements fort intéressants pourraient être obtenus en introduisant simultanément dans deux emposieux de la matière colorante et d'observer ensuite l'époque d'apparition de la couleur à la source, afin de se rendre compte si les eaux se mélangent longtemps avant de sourdre à la surface en se concentrant dans de grands réservoirs, ou si leurs parcours sont longtemps séparés et distincts. Cela doit être le cas certainement pour les emposieux des Verrières et ceux de la vallée de la Brévine. Afin de tirer un renseignement, dans ce sens, des deux derniers essais dont il vient d'être question, on a recueilli dès le lendemain de l'introduction de la couleur toutes les 6 heures des échantillons d'eau jusqu'au moment de la disparition de la coloration. Ces échantillons furent examinés au fluorescope.

La source de l'Areuse jaillit au pied d'une paroi rocheuse par trois jets principaux. Il était donc à supposer que ces jets correspondent aux trois courants souterrains tels que la configuration géologique permet de les supposer. (Voir la carte). Lors des trois essais la coloration est devenue cependant chez les trois jets également intense. Toutefois le fluorescope a permis de constater que lors du 4me essai, celui de

l'emposieu des Verrières, la fluorescence a apparu plus vite du côté ouest et au centre que du côté est. Elle a persisté de même un peu plus longtemps de ce côté. Lors du 5me essai (Petit-Cachot) c'est le contraire qui s'est produit. Le maximum a été cependant les deux fois également fort à tous les trois orifices et simultanément. Il en résulte qu'*avant d'arriver au jour, les courants souterrains venant de la direction de la Brévine et des Verrières se confondent, mais pas assez complètement pour former un mélange homogène.* La jonction ne se fait donc pas à une grande distance du point d'émergence de la source [1].

Il résulte donc très positivement de ces cinq essais de coloration que les eaux absorbées par les orifices des cinq entonnoirs cités retourne au jour à la source de l'Areuse. Est-ce à dire que ce sont ces eaux seules qui forment cette source qui serait ainsi une résurgence dans le vrai sens du mot [2]? Evidemment non! Cette légende a vécu. La surface collectrice des ruisseaux superficiels de la vallée de la Brévine et de la vallée des Verrières ne représente pas les 3 % du champ collecteur de l'Areuse, donc l'eau absorbée par les emposieux n'est pas la trentième partie de la source!

[1] Entre le 4me et le 5me essai la dureté de l'eau avait baissé de 20° à 19°, donc la fusion de la neige a produit une dilution de l'eau. La température était le 19 mars 1904, 7°,9.

[2] Le terme de « résurgence », introduit récemment dans l'hydrologie (Martel, Van den Brœck, Fournier), pour désigner les sources vauclusiennes, me paraît être plutôt impropre; car ce terme désigne des eaux réapparaissant comme source après avoir appartenu à un cours superficiel. Or, la plupart des sources vauclusiennes ne reçoivent qu'une faible proportion d'eaux superficielles! A peine 1 : 30 pour l'Areuse; pour d'autres sources vauclusiennes cette proportion est encore plus faible. Ce qui fait le caractère essentiel de ces sources, c'est la filtration nulle ou très imparfaite de l'eau absorbée par le sol qui les alimente.

La configuration géologique de la région, telle qu'elle ressort de la petite carte hydro-géologique 1 : 100 000 et des profils géologiques au 1 : 25 000, permet de délimiter exactement la région tributaire de cette grande source.

Du côté N.W. la limite de cette surface est nettement marquée par le contact entre le Malm calcaire (Jurassique supérieur) et les marnes argoviennes, le long de la frontière franco-suisse, dès le Gros-Taureau au Mont-Prévoud et de là par Bétod et le Crozot à l'arête de Sommartel qu'elle suit du côté S.E. par Trémalmont jusqu'à la source même de l'Areuse. Le vallon des Verrières jusqu'à la frontière suisse, ainsi que la forêt des Cornées et une partie du Mont des Verrières doit également y être comprise. A remarquer encore que le ruisseau du Petit-Cachot dans la partie N.E. du synclinal de la Brévine et celui des Placettes, de même que le ruisseau des Verrières (La Morte) s'écoulent superficiellement en sens inverse au cours des eaux souterraines.

La détermination de la surface du champ collecteur ainsi délimité (voir la carte) conduit au chiffre de 140 km². Puisque nous connaissons assez exactement le débit moyen de la source de l'Areuse, nous sommes en mesure de vérifier ce chiffre. Il suffira de calculer le débit moyen théorique que peut assurer à la source l'eau météorique (pluie et neige) absorbée par cette surface.

Nous possédons des observations pluviométriques faites aux Verrières, à La Brévine et aux Ponts. La moyenne de ces observations donne une hauteur annuelle d'eau météorique de 1300^{mm}. Donc chaque mètre carré reçoit 1300 litres d'eau par an. Nous ne

tenons pas compte des observations faites à la Doux à proximité de la source même, parce que ce point est presque en dehors du champ collecteur et de plus la hauteur de pluie se monte à 1424mm, chiffre très voisin de celui des Verrières ; il n'y a donc pas lieu de le compter deux fois. La surface totale de la région tributaire de la source de l'Areuse reçoit ainsi $140\,000\,000 \times 1300 = 182\,000\,000\,000$ (182 milliards) de litres d'eau en une année. Nous savons que la totalité de l'eau qui ne s'évapore pas directement ou par l'intermédiaire de la végétation s'écoule souterrainement et doit forcément se rendre à la source vauclusienne de la Doux.

Le problème est relativement simple. L'eau évaporée est estimée généralement à $^1/_3$ du total de la pluie ; dans une région aussi élevée on pourrait même la réduire à 30 %. Elle ne sera en tout cas pas supérieure à 40 %. Donc le reste s'enfonce sous terre dans une proportion de 60-70 % de l'eau météorique reçue par toute la surface du champ collecteur. Cela donne à la source de l'Areuse un débit moyen de :

$$0{,}60 \times \frac{182\,000\,000\,000}{31\,536\,000^{1}} = 3462 \text{ litres par seconde, en}$$

admettant 60 %

$$\text{ou } 0{,}70 \times \frac{182\,000\,000\,000}{31\,536\,000} = 4103 \text{ litres}$$

par seconde, en admettant 70 % d'eau absorbée par le sol. Le débit moyen théorique de la source de l'Areuse doit être ainsi entre 3400 et 4100 litres par seconde, si la surface du champ collecteur est bien 140 km² recevant 1300mm d'eau météorique par année.

[1] 31 536 000 = le nombre de secondes par année.

D'après les jaugeages qui se font journellement sous le contrôle de M. Alexis Ferrier à l'usine de la Doux, le débit moyen correspond bien à ce chiffre. Pendant l'année 1900, une des plus sèches de la série 1888 à 1903, il a atteint 3560 litres par seconde. Pendant les années pluvieuses, il ne doit pas être bien loin de 4000 litres par seconde. On voit que ces chiffres vérifient parfaitement la détermination de la surface collectrice.

B. Régime de la source de l'Areuse.

La source vauclusienne de la Doux est extrêmement variable, presque aussi variable, sinon plus, qu'un cours d'eau superficiel. En tout cas les variations s'accomplissent tout aussi subitement, ce qui peut s'expliquer aisément par le fait que les canaux souterrains pleins d'eau peuvent provoquer une augmentation du débit par transmission directe (crue piézométrique) comme dans une conduite fermée ou du moins comme chez l'émissaire d'un lac, tandis que la crue des cours d'eau superficiels se fait plus lentement par l'apport même de l'eau qui a occasionné la crue. Le débit minimum observé certainement est de 180 l. s., ce qui est exceptionnel. Ce n'est d'ailleurs que pendant les années exceptionnellement sèches que son débit tombe à 200 l. s. ou au-dessous. Normalement, il atteint un minimum compris entre 300 et 400 l. s. Le maximum normal au cours de l'année est proche de 40 000 l. s. Mais le maximum extrême, comme celui qui fut observé au printemps 1896 ne doit pas être loin de 100 000 l. s. Donc les variations normales au cours de l'année représentent la proportion de 1 : 130, soit 130 fois l'étiage ; mais les varia-

tions extrêmes peuvent atteindre 1 : 500. Ces variations se font promptement ; la source réagit rapidement après les orages. Dans l'espace de vingt-quatre heures son débit peut centupler.

Dans les années normales le débit de la source de l'Areuse tombe pendant 100 à 120 jours au-dessous de 1000 l. s. ; le débit pendant ce temps d'étiage représente 500-600 l. s.

Ce régime torrentiel pourra-t-il être corrigé? Y a-t-il possibilité de lutter d'autre part contre les événements qui agissent depuis des siècles et des siècles et qui transforment les eaux superficielles en eaux souterraines, en les enfouissant de plus en plus dans le sous-sol? C'est le résultat de la solubilité du calcaire et l'érosion souterraine qui en découle et transforme en vaste passage d'eau les fissures primitivement à peine visibles. Dans l'ordre naturel des choses un cours d'eau devenant souterrain devrait prendre un débit plus régulier. Mais tel n'est pas le cas ici en raison de l'absence de filtration, de la largeur des passages souterrains et de la transmission piézométrique des ondes de crue. Il est certain d'autre part que le niveau du point d'émergence de la Doux s'est abaissé dans le cours des siècles au fur et à mesure que s'enfonçait regressivement le cirque d'érosion de Saint-Sulpice en sapant la digue de marne argovienne formant le seuil du déversoir de la source.

Rien ne saurait être mis en pratique pour lutter contre l'enfouissement de l'eau à la surface du calcaire. Par contre on peut lutter efficacement contre le régime torrentiel des sources vauclusiennes.

Un des moyens qui se présente à l'esprit en premier lieu serait le relèvement du déversoir, ce qui

transformerait en réservoir accumulateur les vastes cavités souterraines abandonnées par l'eau au cours de l'abaissement du niveau de la source. Je reviendrai sur cette question dans un autre article. Puis, il ne faut pas oublier que l'érosion souterraine peut s'enfoncer indéfiniment dans le calcaire bien au-dessous du déversoir. Donc, par cette influence la capacité des cavités souterraines augmente et leur influence régulatrice de même.

Deux circonstances ont surtout contribué à accentuer le régime torrentiel des cours d'eau du Jura. D'une part le déboisement opéré déjà par les premiers colons du Jura qui créèrent sur les croupes de nos montagnes des pâturages pour leur bétail en défrichant les forêts. Cette influence, on tend aujourd'hui à la combattre — où faire se peut — par le reboisement subventionné par les cantons et la Confédération.

Plus récemment les captages de sources en vue de l'alimentation des centres populeux ont enlevé d'autre part à la rivière de l'Areuse nombre de ses affluents les plus constants ; le régime de la Basse-Areuse surtout s'en est ressenti par la baisse progressive de l'étiage. Cette influence cependant est sans effet sur la source de la Doux. La source de la Doux, comme les autres sources vauclusiennes, devient plus torrentielles surtout par l'agrandissement continuel des canaux amenant l'eau de la surface vers les cours d'eau souterrains et par la disparition de la terre végétale à la surface, ce qui met à nu de vastes plateaux calcaires dénudés, couverts seulement de touffes d'herbes retenues dans les sillons des lapiés (paysage des Causses, Karstlandschaft).

Pour régulariser le débit de la source, soit aug-

menter le débit à l'étiage et diminuer le maximum, il faudrait pouvoir accumuler l'excès de ce dernier et s'en servir pour augmenter le premier. La commission nommée à cet effet verra à quel projet se résoudre, soit créer un réservoir superficiel, soit accumuler l'eau à l'intérieur de la montagne en élevant un barrage ou digue devant la source pour rehausser le niveau de l'eau souterraine. Dans le cas particulier ce dernier moyen paraît cependant fort difficile à appliquer.

C. Source de la Noiraigue.

Il y a le long du Val-de-Travers, entre la Doux et Noiraigue, toute une série de sources surtout sur les deux bords du synclinal. La plus volumineuse est la *Noiraigue* près du village de ce nom. On trouvera dans le mémoire déjà cité (Schardt et Dubois) des renseignements complets sur les essais de coloration qui démontrent que la Noiraigue reçoit les eaux qui s'engouffrent près du hameau du Voisinage au S.W. des Ponts dans un emposieu situé à la cote 990 m. au point le plus bas du plateau. Cet emposieu est profondément encaissé dans la bordure néocomienne. Les essais de coloration faits par M. Dubois et moi ont montré que le trajet de l'eau exige 6 à 9 jours (exactement 144 et 192 heures) pour se faire, dès ce point à la résurgence de la Noiraigue, distante de 4 km.

La délimitation du champ collecteur de la Noiraigue est aussi facile à établir que celui de la source de l'Areuse. Il est séparé de ce dernier à l'ouest par l'anticlinal de Sommartel, dont le noyau argovien forme un barrage infranchissable du côté N.W. Du côté S.E. c'est l'arête du Mont-d'Amin-Tête-de-Ran-

Solmont qui le délimite sans aucune fuite possible de ce côté. Au N.E. le bassin est fermé par le seuil de la Corbatière qui le sépare du val de Saint-Imier. Enfin, au S.W., c'est le crêt Pellaton qui forme barrage, en fermant le synclinal superficiel transversalement. Comme la vallée de la Brévine, celle des Ponts et de La Sagne a dans son milieu un remplissage de Néocomien, renfermant de l'Albien, du Cénomanien et du Tertiaire (mollasse marine) disposé en forme de cuvette à fond large et flancs renversés ou du moins fortement redressés. Mais les affleurements de la mollasse surtout sont rares ; ces terrains sont constamment recouverts par un manteau ininterrompu et fort épais de moraine argileuse dans le milieu et graveleuse sur les bords. C'est tout ce qu'il fallait pour créer les vastes tourbières, peut-être les plus importantes de la Suisse, avec l'aspect habituel des tourbières bombées. La largeur de la vallée proprement dite est peu considérable en comparaison avec la cuvette collectrice des eaux souterraines. Cependant elle présente une plus grande superficie que celle de la Brévine, soit environ 18 km², assez pour alimenter un cours d'eau superficiel de 500 l. s. Mais toutes ces eaux ne se concentrent pas ensemble. Les bords de la cuvette étanche sont jalonnés par des emposieux qui reçoivent nombre de ruisselets. Deux ruisseaux occupant le milieu de la partie la plus large ; ils coulent en sens contraire en se rencontrant pour former le Bied du Voisinage. La surface totale du champ collecteur souterrain de la source de la Noiraigue est bien plus vaste ; il mesure 65 km². La partie centrale étanche du synclinal des Ponts-La Sagne représente donc une proportion bien plus grande que celle des

synclinaux de la Brévine et des Verrières par rapport au champ tributaire de l'Areuse, soit 1 : 3,6 ou 27,7 %.

Comme la pluie tombant sur le plateau des Ponts et de La Sagne est d'après les observations de 1886-1900 en moyenne de 1260mm par année, soit 1260 litres par m², toute cette surface reçoit donc

$$65\,000\,000 \times 1260 = 82\,000\,000\,000 \text{ (82 milliards)}$$

de litres d'eau de pluie ou de neige. Ici comme pour l'Areuse l'absorption par le sol doit représenter 60 à 70 % et l'évaporation 40 à 30 %. Donc le débit moyen de la source sera :

$$0{,}60 \times \frac{82\,000\,000\,000}{31\,536\,000} = 1369 \text{ litres par seconde, ou}$$

$$0{,}70 \times \frac{82\,000\,000\,000}{31\,536\,000} = 1597 \text{ litres par seconde.}$$

suivant qu'on admet 60 % ou 70 % d'eau absorbée par le sol. Le débit moyen de la source de la Noiraigue doit donc se trouver entre 1400 et 1600 l. s., ce que des jaugeages pourraient facilement démontrer. Un travail d'observation aussi complet que celui de l'Areuse à la Doux reste encore à faire pour la Noiraigue [1].

J'ai observé par estimation le 30 avril 1904, 500 l. s., en ce moment la source temporaire de la Libarde qui en est un trop-plein donnait 100 l. s., température 7°,4.

Je cite ici quelques chiffres concernant le débit approximatif, la température et la dureté de cette source :

[1] J'attire l'attention sur l'utilité qu'il y aurait d'établir à l'émergence de nos grandes sources des limnimètres enregistreurs, ou du moins des déversoirs, dont le niveau d'eau devrait être observé au moins une fois par jour.

Source de la Noiraigue	Débit approx.	Température	Dureté
21 janvier 1902.	100 l. s.	7°,2	19°,5
16 mai 1904.	1000 l. s.	7°,5	19°
30 avril 1904.	500 l. s.	7°,6	
4 juin 1904.	1500 l. s.	8°	
10 » 1905.	1000 l. s.	7°,9	

La source de la Noiraigue est une vraie source torrentielle alimentée très directement par des eaux superficielles et ne subissant aucune filtration ou purification. On pourrait bien lui appliquer le nom de « résurgence », quoique plus des $^2/_3$ de son eau proviennent d'infiltration directe sans avoir passé par des cours d'eau superficiels.

Ces derniers sont alimentés par la région tourbeuse de la cuvette des Ponts-La Sagne, ils entraînent une forte proportion de matières humiques empruntées aux gîtes de tourbe. C'est au moment de la fonte de la neige ou à la suite d'orages ou de pluies persistantes que ces substances parviennent en plus grande quantité dans le cours souterrain de la source. Alors l'eau de celle-ci est brune, couleur ambre et paraît fort trouble. Aux très basses eaux, et malgré qu'en ce moment les Bieds débitent une eau très colorée, la source est relativement peu teintée parce que la proportion d'eau tourbeuse est alors relativement faible. Il en est de même à la fin des crues, lorsque la lévigation des tourbières est terminée.