

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DE
GÉOGRAPHIE

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

CHARLES BIERMANN

PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE HUMAINE A L'UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

TOME XL

1931



AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

BELLEVAUX, 25

NEUCHÂTEL

1931

Droits de traduction et de reproduction réservés.

La Société Neuchâteloise de Géographie

fondée en 1885, se compose de membres effectifs, de membres correspondants et de membres honoraires. Les membres effectifs paient une cotisation annuelle de fr. 5.—, qui peut être rachetée par un versement unique de fr. 100.— (membres à vie). La cotisation se paie par remboursement. Le refus du remboursement ne dispense pas du paiement de la cotisation, à moins que démission ait été donnée par lettre au Comité avant le 31 décembre de l'année précédente. On devient membre effectif en tout temps en écrivant au Secrétariat de la Société, Bellevaux, 25, Neuchâtel, lequel doit être avisé également des changements de qualité ou d'adresse.

La *Société Neuchâteloise de Géographie* publie un *Bulletin* qui est distribué gratuitement à ses membres. Tous les articles publiés dans le *Bulletin* sont originaux. Les relations étendues que la Société possède avec des savants de toutes les parties du monde assurent à son *Bulletin* la plus grande variété : relations de voyage, articles scientifiques, études économiques, ethnographiques, etc., sur la Suisse, l'Europe et les autres continents, particulièrement l'Afrique. Le *Bulletin* contient une partie bibliographique : il rend compte des ouvrages dont il lui est envoyé deux exemplaires. La Société ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les auteurs des articles insérés dans le *Bulletin*.

Tout ce qui concerne la rédaction du *Bulletin*, lettres, communications diverses, ouvrages pour comptes rendus, etc., doit être adressé, d'une manière expresse, à M. CHARLES BIERMANN, à l'Université de Neuchâtel (Suisse).

La *Société Neuchâteloise de Géographie* est disposée à racheter, au prix de fr. 5.— l'exemplaire, les tomes I-V et VII du *Bulletin*, qui sont épuisés. Les autres tomes sont en vente, dans les limites du stock restant. S'adresser au Secrétariat de la Société, Bellevaux, 25, Neuchâtel.

La *Société Neuchâteloise de Géographie* échange son *Bulletin* avec les publications analogues des Sociétés de Géographie de la Suisse et de l'étranger et avec un certain nombre de journaux et revues géographiques. La liste des échanges porte plus de 500 numéros. La grande diffusion du *Bulletin*, en Suisse et dans tous les pays du monde, assure aux annonces la plus large publicité. (Prix des annonces : la page, fr. 50.— ; la demi-page, fr. 30.—.) Les journaux, revues, ouvrages, reçus par la Société, soit par voie d'échange, soit en don ou hommage d'éditeur, sont remis à la *Bibliothèque* de la Société, l'une des plus riches de ce genre en Suisse. La *Bibliothèque* est à la disposition des membres de la Société.

N.-B. — L'envoi du *Bulletin* aux Sociétés correspondantes tient lieu d'accusé de réception de leurs publications.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DE GÉOGRAPHIE

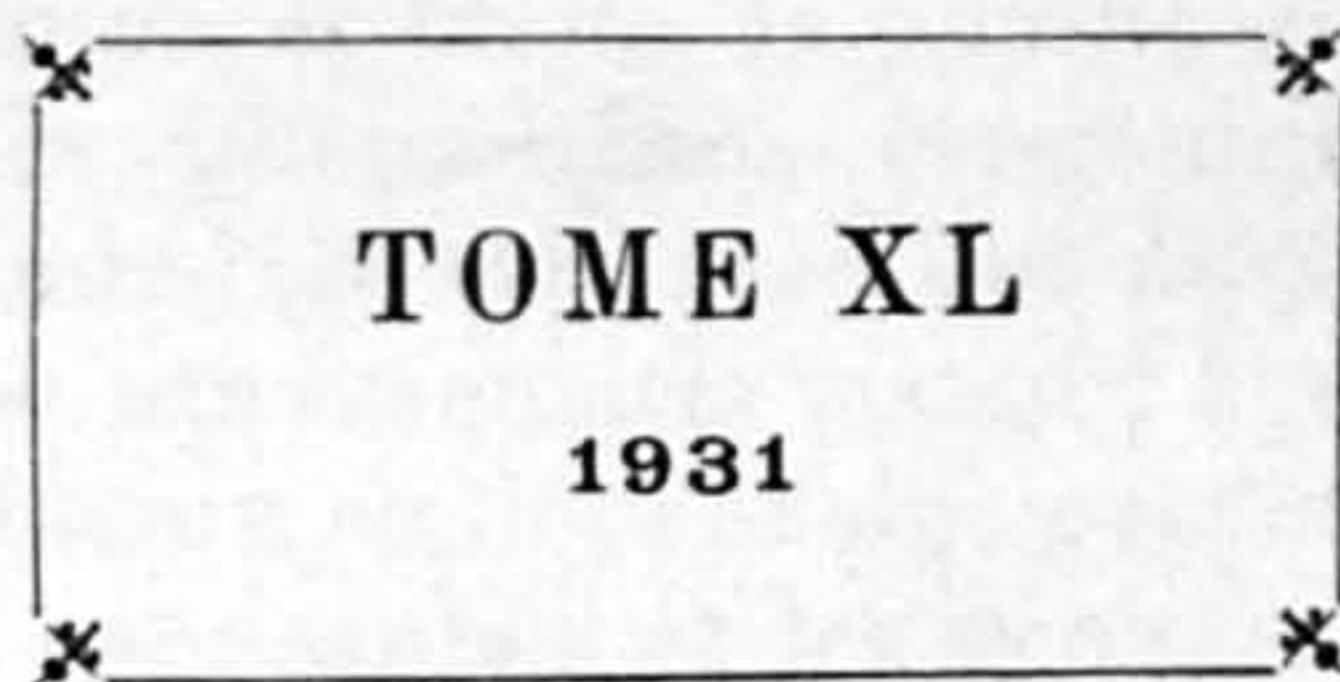
NEUCHÂTEL — IMPRIMERIE PAUL ATTINGER S. A.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DE
GÉOGRAPHIE

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

CHARLES BIERMANN

PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE HUMAINE A L'UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL



AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

BELLEVAUX. 25

NEUCHÂTEL

1931

Droits de traduction et de reproduction réservés.

MONOGRAPHIE DE LA VALLÉE DU DOUBS

ENTRE LES BRENETS ET BIAUFOND

Étude de géographie physique

PAR

ERNEST BELL

DOCTEUR ÈS SCIENCES

INTRODUCTION

Le relief jurassien.

Aperçu de l'état actuel de la question.

Par sa situation, son accès facile, la chaîne du Jura devrait, semble-t-il, compter parmi les phénomènes orogéniques les mieux connus d'Europe, sinon du monde. Or, comme nous aurons l'occasion de le voir dans la suite, bien des points essentiels visant l'âge de la chaîne, sa formation et surtout son évolution soulèvent des contestations très proches de la polémique parmi les géographes et les géologues. La simplicité même du relief jurassien semble être un écueil à son interprétation. Pendant longtemps, on a considéré le Jura comme le type classique des plissements réguliers formés d'une succession d'anticlinaux et de synclinaux parallèles entre eux et l'on était d'accord pour affirmer la parfaite harmonie de la topographie avec la structure.

Cette opinion prévalait, lorsque de grandes découvertes d'ordre géologique vinrent bouleverser les connaissances acquises jusque là et en imposèrent la revision, dès la fin du siècle dernier et surtout au début de celui-ci. Mais l'attention des savants, mise en éveil par les théories tectoniques les plus récentes, se détourna un certain temps du Jura pour se porter tout entière sur les Alpes. Malgré d'énormes difficultés, qui d'ailleurs ne firent que stimuler l'ardeur générale, l'étude de la chaîne alpine fit de rapides progrès et sa structure est à l'heure actuelle parfai-

tement connue presque dans tous ses détails. Parmi les principaux facteurs qui facilitèrent les recherches, il faut signaler le percement des grands tunnels transalpins soit en Suisse, soit en Autriche, sans omettre le Mont Cenis. Il faut reconnaître que des circonstances si favorables et si nombreuses, à la fois, ne se présentèrent pas dans le Jura. C'est ce qui peut expliquer, en partie tout au moins, le retard apporté à l'étude de cette région.

Cependant, si la technique n'eut pas ici l'occasion de venir en aide à la science pure, dans les mêmes proportions, les spéculatifs, eux, ne cessèrent pas de s'intéresser au Jura. Pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup d'œil sur le magnifique ouvrage bibliographique qu'Emm. de Margerie a publié sur cette région. Le premier volume seul est paru, mais il constitue déjà une mine inépuisable de documents ; il est certainement l'instrument de travail le plus adéquat et le plus complet qui soit actuellement à la disposition de quiconque veut s'informer de la question.

Parmi les principaux auteurs qui tentèrent d'établir une synthèse du Jura ou qui publièrent sur la région des travaux de détail importants, citons le général de La Noë, Thurmann, Heim, Haug, Marcel Bertrand, de Margerie, Brückner, Machatschek et, plus près de nous, Schardt, Favre, Rollier, l'abbé Martin, Buxtorf et enfin Chabot. L'ouvrage de ce dernier sur les Plateaux du Jura central, paru en 1927, est, à ma connaissance, l'étude la plus récente traitant du sujet qui nous occupe. Dans cette liste de noms figurent presque autant de géologues que de géographes ; nous rendrons compte des opinions des uns et des autres au cours de ce travail qui n'est qu'une introduction générale et documentaire pour servir de base à une étude plus détaillée d'une portion très limitée du Jura franco-neuchâtelais.

RELIEF ET TECTONIQUE. — D'après Haug,¹ le Jura est « un simple rameau dévié des chaînes subalpines ». Partant de la Savoie, à l'Ouest de Chambéry, il se dirige droit au Nord pour s'incurver ensuite vers l'Est, à la rencontre du massif vosgien. Il forme un arc régulier, tendu vers l'Ouest, entre les deux boucliers hercyniens du Plateau Central et des Vosges-Forêt Noire. En son milieu, il s'étale sur une largeur de 80 km. et s'amincit aux deux extrémités,² pour ne plus occuper que 35 km. entre Bienne et Porrentruy, au Nord, de même qu'entre Seyssel et Ambérieu au Sud. La longueur de sa corde mesure plus de 250 km. et la surface plissée atteint en projection horizontale 17000 km².

Actuellement, on voit dans le Jura un « plissement de couverture » ; il aurait été provoqué par la poussée du front des nappes alpines qui, se renversant sur l'avant-pays, en auraient froissé le manteau sédimentaire. Le décollement se serait produit au niveau du trias moyen ;³ pour une raison inexplicquée, la molasse du Plateau suisse aurait glissé en bloc ne subissant qu'un léger gauchissement, alors que les dépôts jurassiques

¹ *Dictionnaire géographique de la France*, article *Jura*.

² MARTIN, *Le Jura méridional*, p. 3 et suivantes.

³ Niveau du Conchylien, HEIM, *Geologie der Schweiz I* (Plateau et Jura).

se seraient plissés en avant sur le trias qui jouait le rôle de surface lubrifiante.

Dans son ensemble, la chaîne est plus élevée au Sud et au Centre que dans sa partie Nord. Elle domine à l'Est le Plateau suisse, à l'Ouest les plaines du Dauphiné, de la Bresse, des Dombes et les plateaux bourguignons. Frontière naturelle entre la France et la Suisse, cette barrière n'est pas infranchissable, les communications entre les deux pays sont assurées facilement par les cluses qui coupent la chaîne en de nombreux points.

Le plissement définitif du Jura semble dater de la phase paroxysmale du plissement alpin ; à partir de ce moment-là, les divers mouvements qui susciterent cette chaîne sont synchrones des mouvements tardifs alpins. Les auteurs font remarquer que les plis sont déversés vers la France ; pourtant quelques-uns, les plus orientaux, sont, en certains points, déversés vers la Suisse.

Dans son allure générale, l'épaisse couche sédimentaire dont est constitué le Jura aurait obéi aux mêmes lois qu'un lourd tapis, d'abord étendu sur une table ou sur le parquet, et que l'on pousserait devant soi en appuyant des deux mains. Si l'on a placé, au préalable, deux obstacles aux extrémités du tapis situées en avant, sous la poussée tangentielle les plis vont se serrer contre ces obstacles et s'étaler, au contraire, dans l'espace intermédiaire. Le front des nappes alpines, déversées sur le manteau sédimentaire de l'avant-pays, a joué le rôle des mains sur le tapis, celui-ci s'est décollé au niveau du trias moyen, et, sous la poussée persistante du Sud-Est, s'est plissé, donnant naissance au Jura. A la rencontre des obstacles hercyniens du Massif central au Sud-Ouest et des Vosges au Nord, les rides se sont pressées en ces endroits pour s'étaler entre deux en ondulations de plus en plus lâches vers l'extérieur de l'arc et s'effacer complètement au large des plaines bourguignonnes.

S'inspirant des définitions de Thurmann, Bayer et Marcel Bertrand, l'abbé Martin, dans une étude sur le Jura méridional, divise la chaîne suivant un système de coordonnées perpendiculaires. Dans le sens longitudinal, il adopte une division, arbitraire peut-être, mais pratique, en distinguant le Jura méridional ou bugésien, le Jura central ou franc-comtois et le Jura septentrional ou argovien. Dans le sens transversal, la division qu'il nous propose est d'ordre morphologique : les Hautes Chaînes à l'Est, les Plateaux au centre, le Vignoble à l'Ouest. Si ces divisions sont admises aujourd'hui, leurs limites sont loin d'être définitivement fixées.

STRATIGRAPHIE. — La stratigraphie de toute la région est extrêmement simple et les couches qui se succèdent partout avec monotonie sont vite énumérées.

« A l'exception d'un petit affleurement de schistes cristallins micacés et lardés de granites, au Sud-Ouest de Crémieu (Jura méridional), nous dit l'abbé Martin, nulle part dans le Jura les plissements n'ont été assez énergiques pour amener au jour les assises métamorphiques. »¹ A notre

¹ MARTIN, *Le Jura méridional*, p. 15.

connaissance, l'abbé Martin est seul à signaler du cristallin dans le Jura.¹ Aucune roche éruptive non plus n'est venue s'injecter dans les failles à la suite des dislocations qui succédèrent à la surrection de la chaîne ou qui l'accompagnèrent. Les diverses formations qui affleurent dans le Jura sont donc toutes sédimentaires. Les terrains primaires ne se montrent nulle part, mais la série secondaire y prend une extension caractéristique depuis le trias jusqu'au crétacé. Le tertiaire est représenté par la molasse et le quaternaire par des dépôts glaciaires et les produits d'érosion. Les terrains les plus anciens viennent à jour à l'Ouest et les plus récents généralement à l'Est. La molasse tapisse encore par endroits le fond des synclinaux tandis que les vestiges des grandes glaciations recouvrent par lambeaux la région des Hautes Chaînes et celle des Plateaux.

Penck et Brückner admettent quatre phases d'extension glaciaire dans le Jura : 1^o la phase gūnzienne, 2^o la phase mindélienne, 3^o la rissienne, 4^o la würmienne. Seules les traces des deux dernières sont reconnaissables. D'après le professeur Girardin,² celle du Riss atteint 1450 m. sur les flancs du Chasseron et celle du Würm 1200 m. à la même place. Parmi ces dépôts, il faut distinguer ceux qui ont été amenés par les grands glaciers helvétiques et ceux qui sont constitués par des éléments uniquement jurassiens et qui proviennent de glaciers locaux.

HISTOIRE. — Au point de vue tectonique, suivant ce que nous avons dit plus haut, le Jura fut considéré longtemps comme le type du plissement régulier. D'après les dernières études parues sur ce sujet, on s'aperçoit que sa structure est en réalité plus compliquée. Le pli anticlinal demeure l'élément essentiel, mais ces anticlinaux ne sont pas toujours droits ; dans la région des Hautes Chaînes, en particulier, ils sont souvent déversés, parfois couchés sur les synclinaux voisins avec laminage des surfaces de contact, comme l'ont signalé Schardt et Fournier. Marcel Bertrand a découvert des phénomènes de chevauchement dans la région de Besançon. Le résultat de ces dislocations donne parfois une structure isoclinale constituée d'écaillés imbriquées et des formes topographiques plongeantes. D'autre part, toute la chaîne est sillonnée de failles, le plus souvent longitudinales, accusant des rejets de 100 m. et plus avec regard occidental.

Tout cela paraît fort simple, tant que l'on reste dans le domaine de la description purement topographique ou purement tectonique. Les formes du terrain, les affleurements et la superposition des couches nous fournissent des éléments qui sont dans chaque ordre des faits acquis et pour la plupart indiscutables. La difficulté commence dès que l'on veut établir des relations entre ces deux domaines et que l'on cherche à expliquer le jeu des influences réciproques qui aboutirent à faire du Jura ce qu'il est actuellement.

Sur ce point, les interprétations des auteurs diffèrent jusqu'à l'oppo-

¹ Un affleurement de cristallin est indiqué sur la carte de STAUB, mais c'est en bordure du Jura.

² P. GIRARDIN, *Le modelé du Plateau suisse à travers les quatre glaciations quaternaires* (Revue de Géographie, 1906-07, p. 339-71).

sition et la compétence des uns et des autres ne fait qu'accentuer l'incertitude. Aussi cette dernière considération ne peut que nous obliger à une grande prudence, sinon à réserver absolument notre jugement en face de ce débat.

Après examen des divers courants d'opinions sur la question, on peut les réduire à deux groupes : un premier groupe que nous appellerons traditionnel parce qu'il défend les anciennes théories de la concordance parfaite entre le relief et la structure, concordance telle qu'on la peut rêver dans une chaîne jeune. Puis un second groupe, celui des novateurs qui s'attachent au contraire à démontrer dans le Jura de telles discordances entre le relief et la structure, qu'ils sont conduits à émettre l'hypothèse de deux cycles d'érosion succédant à deux plissements suivant les uns, ou tout au moins à deux phases d'un seul plissement suivant les autres. Essayons de résumer, pour les analyser, les deux théories en exposant les idées essentielles des principaux représentants de chacune d'elles.

Tout d'abord, c'est Brückner¹ qui, le premier, s'est inspiré des récentes découvertes des Américains dans les Appalaches et tenta d'en faire l'application au Jura. Frappé par l'aspect dénudé de certaines régions, en particulier dans la zone argovienne du Jura tabulaire et dans celle des Plateaux du Jura central, il conclut à une pénéplaine.

Pour l'expliquer, il admit que le Jura fut plissé après le miocène et qu'il subit, pendant le pliocène, une période d'érosion intense sous l'action de cours d'eau venus de l'Est. A la fin du pliocène, un soulèvement total aurait revivifié toute la chaîne déjà plus ou moins nivelée. Ce mouvement aurait été accompagné d'un gauchissement général et de plissements partiels. Depuis cette époque, la zone septentrionale aurait de nouveau été pénéplanée, avant l'arrivée des glaces günziennes. Cette supposition est basée sur la présence de cailloutis alpins dans le Sundgau et dans la vallée du Doubs, donc à l'Ouest de la chaîne. Brückner suppose qu'ils ont été apportés là par des fleuves venant de Suisse en passant par-dessus le Jura. Ces dépôts, par ailleurs, ne contiennent aucune roche jurassienne, ce qui prouverait qu'à ce moment-là le Jura était hors des atteintes de l'érosion. Malheureusement pour Brückner, Arnold Heim devait démontrer un peu plus tard que ces cailloux avaient été transportés par le Rhin au temps où il s'écoulait vers la Méditerranée par la vallée du Doubs, c'est-à-dire avant les effondrements qui se sont produits entre les Vosges et la Forêt Noire et qui eurent pour effet de détourner le cours du fleuve.

Heim a donc supprimé par sa découverte un des arguments de la théorie de Brückner. Pourtant la valeur des autres arguments n'en est pas amoindrie. Les niveaux d'érosion qu'il a constatés dans le Jura Nord subsistent toujours et rien n'empêche, encore maintenant, de les attribuer à une surface préexistante, actuellement disloquée, mais qui devait s'étendre auparavant sur toute la région. Aussi les partisans de la pénéplaine ne devaient pas se tenir pour battus.

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 39 et suivantes, p. 119 et suivantes.

En 1905, Machatschek¹ reprenait la théorie de Brückner et, tout en la modifiant, il en utilisait les éléments solides pour élaborer une nouvelle hypothèse. Celle-ci s'écarte dans le détail de la première, mais elle maintient l'idée générale d'une pénéplaine jurassienne. Ces deux auteurs diffèrent en ce que Brückner suppose deux plissements alors que Machatschek n'en admet qu'un seul. Pour lui, en effet, le Jura devrait sa surrection à un plissement lent et progressif. Les premiers mouvements auraient débuté au Nord et à l'Ouest, pour se propager peu à peu et d'une façon continue vers le Sud et vers l'Est. La durée du plissement s'étendrait de la fin du miocène jusque tard dans le pliocène et peut-être même jusqu'au début du quaternaire. En même temps que de nouveaux plis s'accrochaient aux anciens, ceux-ci étaient entamés par l'érosion et déjà pénéplanés dans les parties arrivées au repos. Ainsi s'explique qu'en traversant la chaîne on passe successivement d'une région très évoluée au Nord-Ouest vers des régions de moins en moins évoluées au Sud-Est, ce qui montre que les sections septentrionales sont plus anciennes que les méridionales. Personne ne contredira cette observation, s'il a eu l'occasion de parcourir le Jura en long et en large. D'ailleurs une étude même superficielle d'une carte géologique nous convaincra des différences d'âge entre les diverses parties du Jura. Les terrains les plus jeunes, en particulier les témoins molassiques, se trouvent généralement dans les synclinaux à l'Est et au Sud de la chaîne.

D'autre part, la topographie nous montre, sur une carte ordinaire, que les altitudes maxima se trouvent aussi au Sud et à l'Est et qu'elles s'abaissent régulièrement vers le Nord et l'Ouest. On peut imaginer qu'un plan reposant sur les crêtes serait incliné vers le Nord-Ouest. Les plis serrés de la zone des Hautes Chaînes deviennent de plus en plus lâches sur les Plateaux pour n'apparaître plus qu'isolés et discontinus dans le Vignoble. De même, le réseau hydrographique est déterminé par la structure dans la partie jeune, tandis que les exemples de discordance et de surimposition sont tous situés dans les régions plus évoluées.

La grande objection que l'on fait aux théories de Brückner et Machatschek, c'est de n'avoir pas assez tenu compte des rapports entre la topographie et la structure. C'est entre autres le reproche que leur a fait Emm. de Margerie² dans une conférence donnée à la Société Helvétique des Sciences naturelles. On trouve pourtant, dans des études détaillées de géographie régionale publiées postérieurement, des preuves de ce désaccord entre la tectonique du Jura et son relief actuel, dans certaines régions du moins.

Quoiqu'il en soit des faiblesses contenues dans les théories des deux auteurs cités, il faut leur être reconnaissant d'avoir osé les énoncer. S'il est difficile peut-être de les admettre définitivement et en tous points, il faut reconnaître avec de Margerie que « l'hypothèse des pénéplaines,

¹ CHABOT, *eodem loco*, p. 39-41.

² EMM. DE MARGERIE, *La structure du Jura*, conférence faite à Lausanne en 1909 lors de la 92^e session de la Société Helvétique des Sciences Naturelles (Actes Soc. Helvét. Sc. Nat., t. I, p. 40-69). (Résumé dans *Eclogae geol. Helvet.*, t. XI, p. 196, juillet 1910.)

appliquée au Jura pour la première fois en 1902 par Brückner, est un facteur dont l'importance éventuelle ne saurait être négligée ». ¹

Avant Brückner, certains auteurs avaient déjà émis quelques observations dont Brückner et son école devaient faire usage pour fortifier l'hypothèse. En 1876, Vézian, dans un ouvrage sur le Jura, admet qu'il a été soulevé au début du tertiaire, puis nivelé par les cours d'eau et enfin soumis à un second soulèvement qui lui donna sa forme actuelle. Suivant Chabot ² : « si le terme n'y est pas, l'idée de pénéplaine y est toute entière ». Puis viennent W. Kilian et E. Haug qui pensent que la région de plis surbaissés qu'on nomme Jura-Plateau, comptait alors, du côté France, un certain nombre de plis bordiers que l'érosion a fait disparaître. Enfin Rollier ³ insiste lui aussi sur la dénudation du Jura.

Après Brückner et Machatschek, parmi les nombreux travaux que suscitérent les nouvelles théories, soit pour les combattre, soit pour les vérifier, nous citerons principalement l'étude de J.-B. Martin sur le Jura méridional qui date de 1910 et celle de Chabot sur les Plateaux du Jura central parue en 1927.

L'abbé Martin se pose en adversaire de la pénéplaine et se refuse à admettre plusieurs cycles d'érosion dans la région qui l'intéresse. Cependant, il fait parfois de telles concessions, qu'il frise souvent la contradiction. On le sent dominé par l'idée préconçue de l'harmonie entre le relief et la structure, l'obsession cependant ne l'empêche pas de constater, par-ci par-là, des faits morphologiques qui infirment singulièrement ses conclusions. Par exemple, il reconnaît « dans le Bugey différentes plateformes à niveaux différents, suivant les massifs, d'où le pays apparaît comme ayant supporté plusieurs cycles d'érosion antérieurs à celui en vigueur aujourd'hui. Dans ces régions, dit-il, apparaissent les traces d'un drainage ancien beaucoup plus parfait ». ⁴ Il attribue ce phénomène à la disparition subite des eaux dans le sous-sol. Un peu plus loin, il fait remarquer que « l'Ain dans sa traversée du Bugey est tout à fait indépendant de la tectonique » et signale des vestiges de ses anciens tracés. Il conclut en disant que l'on « est amené à l'idée que le Jura méridional possédait un certain relief avant les phénomènes orogéniques qui lui ont donné sa forme actuelle ». Il cite même un exemple de synclinaux perchés aux environs de la cluse de Culoz-Ambérieu. ⁵ Enfin son chapitre sur l'établissement et l'évolution du relief se termine sur ces déclarations générales : « Les sommets nettement aplanis sont creusés longitudinalement et en leur milieu par des vallées, la plupart desséchées. Les voûtes à l'Est et à l'Ouest sont marquées de l'empreinte d'au moins deux cycles d'érosion antérieurs au cycle actuel. De même les vallées présentent des gradins qui témoignent d'un approfondissement successif, par

¹ EMM. DE MARGERIE, *Bibliographie du Jura franco-suisse*.

² CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 38.

³ L^s ROLLIER, *Structure et histoire géologique de la partie du Jura central comprise entre le Doubs, le Val de Delémont, le lac de Neuchâtel et le Weissenstein*. Mat. Carte géol. Suisse, 8^e livraison, 1^{er} supplément. 14 profils et planches hors texte.

⁴ MARTIN, *Le Jura méridional*, p. 171.

⁵ MARTIN, *Le Jura méridional*, p. 196.

saccades, et ce même caractère se retrouve dans les cluses. De la sorte, il arrive que les sommets et les parties élevées des vallées principales présentent des formes dont la maturité contraste singulièrement avec la jeunesse extrême des parties inférieures du cours des rivières qui se déroulent au fond de véritables gorges. » Enfin, l'auteur constate qu'il en est de même dans le Jura suisse et franc-comtois.

Après avoir résumé les idées de Brückner et de Machatschek, ce qui pourtant semblerait devoir faciliter l'interprétation des formes qu'il vient d'analyser, on s'étonne de l'entendre affirmer de nouveau que, en ce qui concerne le Bugey, la morphologie générale est sous la dépendance étroite de la tectonique « et que le relief actuel a son origine indubitable dans les mouvements qui ont affecté le géosynclinal où les couches se sont déposées ».

En somme, l'abbé Martin est prêt à reconnaître un aplanissement, mais il conteste la pénéplaine. Cela devient évident si l'on s'arrête un peu aux coupes extrêmement suggestives qui illustrent son ouvrage et qui toutes témoignent de la discordance entre la structure et la topographie.

Passons, ici, dans le clan opposé et voyons un peu la tentative de Chabot pour appliquer aux Plateaux du Jura central la théorie de Brückner et de Machatschek. Il constate, dès le début, l'absence de coïncidence entre la pente topographique de la région et la pente structurale, ce qui montre bien, dit-il, qu'il s'agit d'une surface d'érosion et non pas d'une surface structurale.¹ Il écarte successivement l'hypothèse d'une abrasion marine et celle d'une dénudation karstique.

L'abrasion marine ne se soutient pas, car la surface en question manque de régularité et elle n'est caractérisée par aucun dépôt marin. L'hypothèse de la corrosion ou dénudation chimique soutenue par Hettner est à son tour rejetée.

D'après Chabot,² Hettner objecte à la théorie de pénéplanation que « les surfaces érodées sont de dimensions trop restreintes, qu'elles alternent avec des pentes raides, souvent rocheuses, ce qui exclurait l'idée d'une pente régulière vers la mer ». En outre, « le processus de pénéplanation suppose un réseau fluvial antérieur important. Il se refuse à reconnaître ce réseau fluvial comme ayant existé dans le Jura, puisque ces fleuves avaient tous disparu sous terre. Il conclut qu'il n'y a jamais eu que des dénudations locales prenant comme niveau de base le point où l'eau s'enfonce sous terre ; et la corrosion l'emportant sur l'érosion, ces surfaces ne ressemblent pas du tout à des surfaces d'érosion mécanique ».

Chabot convient qu'il y a dans les objections d'Hettner une part de vérité et qu'une surface de dénudation ne doit pas *a priori* être la même en terrain calcaire qu'en terrain imperméable. Cependant, il fait remarquer qu'Hettner a surtout étudié une partie du Jura, « le Plateau des Freiberg », et que sa théorie peut se justifier pour une région où l'évolution se trouve être plus avancée alors qu'elle ne s'applique pas du tout au reste du Jura et surtout pas à la zone des Plateaux. Il ne nie pas

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 28.

² CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 32.

l'influence de l'érosion karstique, mais il prétend qu'elle est très limitée et qu'elle reste soumise encore à l'heure actuelle à l'érosion normale.

Les calcaires du Jura, en effet, ne se présentent pas avec le même aspect que ceux du Karst proprement dit. La ressemblance du Jura avec le Karst dinarique ou le Karst algérien, si elle peut tenter un observateur superficiel, ne résiste pas à une analyse de détail. Nulle part on ne rencontre dans le Jura de ces couches compactes propres aux régions nettement karstiques et décrites par Cvijic, Davis et Grund et dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Dans le Jura, au contraire, les étages sont plutôt minces et ils se superposent toujours avec intercalation de marnes imperméables, ce qui a pour effet de permettre l'organisation d'un réseau souterrain à un niveau relativement proche de la surface. L'établissement d'un cycle karstique proprement dit est par là même fortement retardé et l'érosion normale maintient son avantage. Donc les phénomènes de corrosion, quoique assez nombreux dans le Jura, n'en demeurent pas moins ébauchés seulement, par rapport à l'extension qu'ils ont prise sur les côtes dalmates, par exemple. Enfin, aux objections d'Hettner, Chabot répond par quelques arguments tirés d'une analyse du plateau d'Ornans.

D'abord absence de témoins aux versants abrupts assimilables aux *hums* des pénéplaines karstiques types : « les croupes qui dominent le plateau d'Ornans ont toujours, au contraire, des pentes très douces ». Dans l'hypothèse d'Hettner, « il faudrait que les surfaces aient été créées par autant de bassins fermés dépendant de gouffres locaux », ce qu'il est impossible d'admettre en face de ces plates-formes étagées qui se pénètrent l'une l'autre. En outre, il existe un réseau hydrographique assez touffu, celui de la Loue, qui est complété par un réseau souterrain sous les vallées sèches dans le prolongement des cours d'eau. Ceci permet de supposer l'existence antérieure d'un ancien réseau subaérien : « Il est même vraisemblable que les vallées aujourd'hui fortement creusées sont sur l'emplacement d'anciens fleuves qui auraient façonné la surface de dénudation et qui auraient dû s'enfoncer ensuite pour répondre à un abaissement du niveau de base. » Enfin, la surface du Plateau d'Ornans évoque absolument une surface d'érosion normale : « Les altitudes varient régulièrement et s'organisent très bien en deux surfaces tournées vers le niveau de base situé à l'Ouest ». Il est vrai que, dans le détail, les altitudes vont en décroissant, passent par un minimum pour croître de nouveau, mais cela ne fait que confirmer l'hypothèse d'un ancien fleuve qui aurait occupé approximativement la place de la Loue actuelle et qui se dirigeait de l'Est à l'Ouest. Chabot ¹ ajoute que « la pente vers cette artère centrale varie entre 3 et 5 ‰, ce qui correspond assez bien à la pente des versants d'un élément de pénéplaine encore mal formée ».

Une grave question se pose ici, à savoir : comment un cycle d'érosion normale aussi poussé peut s'établir dans un sol calcaire. Chabot croit pouvoir y répondre en supposant un niveau de base très proche de la surface. Dans ce cas, les ruisseaux et rivières n'auraient aucune tendance

¹ CHABOT, *eod. loc.*, p. 34.

à s'infiltrer, car le sous-sol serait alors lui-même saturé d'eau. Il semble que cette supposition détruit en quelque sorte la thèse qu'il veut soutenir. En effet, la chaîne dans ce cas se trouverait pour ainsi dire nivelée avant même d'avoir existé. Le niveau de base très proche auquel il est fait appel ne peut être que le niveau de la mer, pour que le sous-sol soit saturé d'eau, d'où il résulte qu'au moment où elle est en proie à l'érosion, la chaîne est encore à peine émergée. Blache ¹ le fait remarquer dans un article paru dans un numéro de la *Revue de Géographie Alpine*.

Il vaut mieux, semble-t-il, abandonner cet argument pour s'en tenir aux constatations déjà faites plus haut sur la nature spéciale des formations sédimentaires du Jura. Les bancs marneux qui séparent les couches calcaires expliquent très bien l'imperméabilité de l'ensemble. Cette imperméabilité, d'ailleurs, diminue avec le temps à mesure que les eaux s'enfoncent et percent les marnes. C'est ce qui fait dire à certains auteurs que le Jura tend de plus en plus vers un cycle purement karstique. Mais Chabot le conteste, en montrant que l'érosion normale primera toujours l'érosion chimique, bien que celle-ci retarde celle-là.

De tout cela, retenons simplement que l'érosion subaérienne est toujours possible, surtout au début d'un cycle, et que l'érosion karstique ne s'installe que peu à peu, qu'elle ne progresse que lentement et que les formes subaériennes persistent longtemps, sinon vives du moins mortes, comme c'est le cas pour les vallées sèches.

Après avoir levé l'objection tirée des calcaires contre l'hypothèse de la pénéplaine, Chabot examine et compare les deux points de vue de Brückner et Machatschek. Il se range à l'avis du premier et admet pour les plateaux deux plissements séparés par une période de repos assez longue durant laquelle s'est établie la pénéplaine dont il étudie les restes. Cette pénéplaine aurait été disloquée par le second plissement et divisée en compartiments portés à des niveaux différents par des soulèvements ou des affaissements locaux. Dans son ensemble, la surface d'érosion primitive aurait même été légèrement inclinée vers l'Ouest par un mouvement général de bascule.

Pourtant, si l'hypothèse d'un seul plissement progressif semble ne pas concorder avec la topographie de la région spécialement étudiée par Chabot, où l'on ne rencontre pas, à proprement parler, une zone très dénudée au Nord-Ouest, d'où l'on passerait progressivement à une zone de moins en moins évoluée vers le Sud-Est, cela tient à ce que les *Plateaux* ne représentent qu'une *partie* très limitée du Jura par rapport à l'ensemble *de la chaîne*. Cette partie constitue précisément une zone déterminée intermédiaire entre la bordure Ouest très évoluée et la région plus jeune des Hautes Chaînes. L'hypothèse de Machatschek, au contraire, cadre très bien si l'on considère une coupe transversale à travers toute la chaîne.

Pratiquement, cela revient au même que les Plateaux aient été disloqués par un nouveau plissement ou que leur morcellement soit dû aux derniers mouvements d'un seul et même plissement. S'il n'y a pas eu

¹ JULES BLACHE, *La question des pénéplaines du Jura tabulaire*. Revue de Géographie alpine, Grenoble 1929, t. XVII, p. 155-171.

deux plissements, il y a eu certainement deux phases de plissement, d'où résultent pour les Plateaux deux cycles d'érosion. Le premier cycle aurait abouti à la pénéplanation, le second serait le cycle actuellement encore en vigueur.

De cette manière, Chabot explique aussi l'existence de certains reliefs d'apparence plus jeune qui subsistent autour de la pénéplaine. Ce sont, pour lui, les restes de l'ancien relief ravivés par les mouvements orogéniques récents. Le socle hercynien lui-même aurait bougé à l'occasion des dernières phases du plissement et la dislocation des bases de l'édifice se traduirait à la surface par la surrection inattendue de chaînons en désaccord à la fois structural et morphologique avec les formes environnantes.

Cette explication est discutée par Blache dans son analyse du travail de Chabot. Il faut reconnaître avec lui que, pour être ingénieuse, elle n'en est pas moins gratuite. C'est bien la première fois, en effet, que l'on envisage la possibilité de voir surgir un massif au milieu d'une pénéplaine. Une telle hypothèse paraît d'autant plus risquée que Chabot admet que les accidents qui rompent la monotonie des plateaux ne résultent pas tous du plissement récent. Quelques-uns, comme le Mont Bon sur le plateau d'Ornans et la montagne de Fresne sur celui de Cuvier, seraient des *monadnock*. Ces témoins d'un relief disparu auraient échappé à l'érosion à cause de la dureté plus grande des roches qui les forment. Tout cela n'est pas au point et mériterait d'être approfondi.

Si les formes jeunes qui entourent les Plateaux sont un obstacle à l'hypothèse de la pénéplaine, les relations entre le relief et l'hydrographie n'offrent pas les mêmes difficultés, quoiqu'il en puisse paraître de prime abord.

Les cours d'eau du Jura peuvent être classés en deux catégories : une partie du réseau jurassien s'affirme nettement conforme à la structure, l'autre est en complète discordance avec elle. Certaines rivières se rangent successivement dans l'une ou dans l'autre catégorie, suivant les régions qu'elles traversent, mais toutes offrent ceci de commun qu'elles coulent au fond d'étroites vallées souvent creusées en cañons. Cet aspect de jeunesse contraste singulièrement avec l'aspect dénudé des plateaux environnants. Remarquons que le contraste s'adoucit, pour disparaître presque complètement, à mesure que l'on approche des Hautes Chaînes. On reconnaît facilement là les marques des deux cycles d'érosion auxquels auraient été soumis l'Ouest et surtout le centre du Jura. Ici encore, seule l'hypothèse de Brückner ou si l'on veut celle de Machatschek apportent une explication suffisante au rajeunissement des cours d'eau, rajeunissement qu'on ne peut nier si l'on compare ces gorges profondes au relief très atténué des régions qui les entourent.

Parmi ces rivières, le tracé de plusieurs d'entre elles évoque un fleuve de pénéplaine. C'est le cas de la Loue, du Lison, de la Bienne, je dirai même du Doubs en certains points. Elles offrent toutes des méandres encaissés, ces méandres ont dû se former sur une surface à peu près horizontale et se sont encaissés sur place, à la suite d'un abaissement du niveau de base. En outre, d'après l'abbé Martin, et Chabot qui confirme

l'observation, la Loue, la Bienne et l'Ain ont conservé la direction de l'ancien drainage et s'écoulent vers l'Ouest sans tenir compte de la structure. Il faut avouer que ces exemples de surimposition sont plutôt rares dans le Jura et que généralement le réseau hydrographique s'accorde avec la tectonique.

Pourtant, il n'en reste pas moins vrai qu'un certain nombre d'anomalies y sont difficiles à expliquer. A. Briquet a observé des phénomènes analogues dans l'Artois.¹ Il proposa pour ce genre de phénomènes le terme d'« antécédence restreinte ». Il pense « qu'un certain nombre de mouvements orogéniques récents pourraient n'être qu'une résurrection posthume de mouvements antérieurs. Le réseau, tout en ayant l'air adapté à la structure récente, pourrait être adapté en réalité à la structure ancienne sur laquelle seraient moulés les plissements récents ».²

De cette manière, on arrive à comprendre que des rivières comme le Doubs et le Dessoubre, par exemple, n'aient pas cessé de couler dans les synclinaux bien qu'ayant appartenu déjà à l'ancien drainage de la pénéplaine. Donc le fait que la plupart des rivières du Jura ont un tracé qui, dans ses grandes lignes, reste conforme à la structure n'est pas une objection suffisante pour écarter l'hypothèse des deux cycles d'érosion. A. Heim, dans sa *Geologie der Schweiz*,³ avait entrevu la solution : il suppose « que sous l'effet du plissement, les rivières ont été peu à peu amenées à glisser vers les synclinaux, tout en restant le plus près possible de leur ancien lit ».

La théorie de Briquet joue parfaitement bien dans le Jura si l'on envisage que les plissements furent extrêmement lents. Sur ce point, à l'heure actuelle, tous les géologues sont d'accord : ils admettent la lenteur des soulèvements orogéniques. Pour Chabot : « Tandis que les soulèvements surgissaient très lentement, les rivières disparaissaient dans la profondeur des calcaires. Ainsi se trouvaient favorisées les rivières des régions synclinales qui devenaient peu à peu les artères maîtresses du drainage ».²

Quoiqu'il en soit de ces diverses théories dans le détail, elles aboutissent toutes à reconnaître la surimposition du cycle antérieur par rapport au cycle actuel. A mesure que les soulèvements s'accroissaient, les rivières approfondissaient leur lit et s'encaissaient sur place. Suivant leur position vis-à-vis de la structure et le degré d'évolution de la région, elles donnèrent lieu à des cañons à méandres comme la Loue, ou taillaient dans les synclinaux de profondes blessures toutes droites dans le sens de la chaîne comme le Doubs dans son cours supérieur. Par endroit, l'intensité du plissement n'étant pas la même partout, au lieu de s'enfoncer simplement comme l'exigerait l'antécédence, elles ont été détournées par un massif qui surgissait plus rapidement et dont elles ne pouvaient suivre le mouvement, passaient d'un synclinal dans l'autre et rejoignaient leur ancien cours par un crochet. Le Doubs fournit assez souvent des exem-

¹ A. BRIQUET, *Carte tectonique de l'Artois et régions voisines*. Compte rendu du 13^e congrès géolog. internat. 1922 ; Liège 1923, p. 387-422 (cité par Chabot).

² Citation de CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 98-100.

³ HEIM, *Geologie der Schweiz* I, p. 679 (cité par Chabot).

ples de ce genre. La boucle de Moron près des Brenets me semble pouvoir être citée à cette occasion. Signalons enfin avec Chabot que l'hypothèse de Machatschek peut être vérifiée dans ses conséquences par le fait que « l'adaptation de l'hydrographie à la structure est la plus marquée dans la zone où les bouleversements récents furent les plus profonds ». ¹

En ce qui regarde l'âge de la pénéplaine, les opinions divergent entre les auteurs. Pour situer tout d'abord le plissement jurassien, nous pouvons nous reporter à ce qu'en dit Chabot : « Le massif tout entier est formé de roches sédimentaires qui se sont déposées jusqu'à la fin de la période crétacée. Il a donc été immergé de façon à peu près continue jusqu'à cette date. Au tertiaire commença une longue période d'émersion qui dura, sauf l'épisode des mers molassiques, jusqu'à l'époque actuelle ». Les Plateaux et, par conséquent le Jura, « sont à la fois une région hercynienne et une région alpine ». ² La première phase de dislocation du Jura daterait de l'époque où des mouvements identiques affectèrent toute l'Europe moyenne dans ses parties hercyniennes. Ces mouvements seraient postérieurs aux dépôts de l'oligocène et antérieurs à la molasse. M. Piroutet a relevé aux Arsures, à la lisière du Jura, un lambeau miocène à cheval sur une faille qui ne l'affecte pas.

« A ce moment-là, nous dit Chabot, l'aspect du Jura était tout différent de l'état actuel et A. Vézian montrait déjà en 1876 que sa physionomie avant le plissement devait être l'inverse de ce qu'elle est aujourd'hui, les régions élevées devaient se trouver à l'Ouest, tandis qu'à l'Est la montagne s'abaissait lentement vers la plaine suisse ». ³

« La deuxième phase, celle du plissement qui a constitué la majeure partie du Jura actuel et qui a annexé le massif à la zone des plissements alpins » est certainement postérieure à la molasse. ⁴ C'est un fait bien établi, du moins pour la partie orientale de la chaîne. « Les résultats obtenus pour les régions voisines (les Plateaux) semblent prouver que les derniers mouvements tectoniques importants n'eurent pas lieu avant la fin du pliocène inférieur. » ²

On trouve en effet la molasse plissée un peu partout au fond des synclinaux des Hautes Chaînes, les lambeaux laissés par l'érosion sur les Plateaux sont beaucoup plus rares, enfin plus à l'Ouest on n'en rencontre plus aucun témoin. Ceci paraît confirmer la théorie du plissement progressif, la première phase serait donc antérieure au miocène et la deuxième postérieure à cette époque. La pénéplaine qui aurait succédé au premier plissement n'aurait pas subi, semble-t-il, une nouvelle immersion dans la mer molassique, cela du moins en ce qui concerne la partie la plus occidentale de la chaîne. D'après Chabot ⁵ : « l'étude même des matériaux contenus dans les dépôts molassiques semble bien prouver que la majeure partie des Plateaux était alors émergée. ... A l'Est des Plateaux la

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 106.

² CHABOT, *eod. loc.*, p. 108, 178-179.

³ A. VEZIAN, *Le Jura*. Annuaire du Club Alp. franç. II, 1875, p. 606-640 (cité par CHABOT, *Les Plateaux du Jura...*, p. 113).

⁴ Ce qui a amené son érosion, sauf exceptions.

⁵ CHABOT, *eod. loc.*, p. 116-117.

molasse marine a un facies absolument littoral ». Ce facies est défini par des « poudingues, des trous de lithophages, des coquilles fragmentaires. ... La ligne de rivage ne pouvait se trouver qu'à l'Ouest, donc sur les Plateaux, car plus on va vers l'Est, plus les éléments qui composent ces dépôts deviennent fins. ... Le fait est confirmé par les dépôts que l'on trouve sur la lisière Ouest du côté de la Bresse, ces dépôts assez grossiers témoignent eux aussi d'une terre voisine ».

A la lumière de ces faits, nous pouvons constater avec Chabot que l'hypothèse de deux plissements devient de plus en plus probable. Un autre argument qui devrait vérifier pleinement l'hypothèse, est celui du recoupement des couches plissées par des surfaces d'érosion. Pour mettre en valeur cet argument, il est indispensable d'avoir un certain nombre de bonnes coupes géologiques. Malheureusement, les coupes que nous donne Chabot ne font pas assez ressortir cette discordance entre la structure et la topographie. Il se contente de relater le fait dans le texte, mais les schémas qui devraient l'appuyer sont inutilisables. C'est d'ailleurs le reproche que lui fait Jules Blache dans un article récent de la *Revue de Géographie Alpine*, en disant que « son livre est un peu démuné de documents cartographiques et géologiques » et que ceux qui y figurent sont incomplets et imprécis.¹

Blache n'admet pas l'hypothèse de la pénéplaine. Il formule toutes les objections énoncées jusqu'ici. Nous avons essayé déjà d'en éliminer quelques-unes en analysant les explications de Chabot. Il conclut par un bref résumé de la théorie classique et affirme que « toutes les difficultés rencontrées par Chabot sont épargnées à l'interprétation structurale ». Pour lui, les contrastes que l'on rencontre dans la topographie de l'Ouest à l'Est n'accusent aucune différence d'âge, ce ne sont que des différences d'ordre morphologique en relation avec la structure. La zone des Chaînes est constituée par des plis plus serrés que celle des Plateaux où les plis sont plus étalés. Il n'y aurait qu'à distinguer deux sortes de plis : les plis à petit rayon de courbure à l'Est et ceux à grand rayon de courbure à l'Ouest. De cette manière, le relief correspondrait bien partout à la structure. Mais comme un relief purement structural n'existe nulle part et de fait ne peut exister, car à mesure que les anticlinaux émergent, ils sont immédiatement entamés par l'érosion, Blache propose le terme de « relief substructural » pour ces formes d'allure structurale atténuée qu'il reconnaît dans le Jura. De telles surfaces d'érosion se confondraient approximativement avec la surface structurale.

Pourtant l'auteur de l'article en question se rend parfaitement compte que la solution qu'il apporte a contre elle son extrême simplicité. « Cette solution, dit-il, paraît purement critique, presque négative. Elle a pour elle de suffire sans effort à l'analyse des formes. »² Elle peut expliquer à la rigueur la diversité des formes orographiques suivant les trois régions du Vignoble, des Plateaux, des Hautes Chaînes, mais elle ne fait aucun

¹ BLACHE, *La question des pénéplaines du Jura tabulaire*. *Revue de Géog. Alpine* 1929, t. XVII, p. 155-171.

² BLACHE, *eod. loc.*

cas des contrastes évidents que fait ressortir l'étude de l'hydrographie. Les cañons et les méandres encaissés accusent pourtant un réseau fluvial en plein stade de rajeunissement et surtout il en est de même du tracé Est-Ouest de certains cours d'eau tels que l'Ain, la Loue, la Bienne.

D'autre part, si Chabot nous donne des coupes géologiques et des documents cartographiques incomplets, on doit regretter que Blache n'ait pas illustré sa critique de quelques clichés. De tels documents seraient pourtant du plus haut intérêt pour établir une base de discussion. A défaut de coupes inédites, Chabot et Blache auraient pu en utiliser quelques-unes publiées antérieurement et les reproduire. On en trouve un bon nombre extrêmement intéressantes dans le livre de Margerie sur la bibliographie du Jura, celles que Schardt a publiées par ailleurs dans ses *Mélanges géologiques* sont excellentes, surtout pour la région des Hautes Chaînes.

Quelques profils de Favre,¹ Rollier² et Schardt³ à travers les hauts plateaux neuchâtelais sont à signaler spécialement comme ayant un rapport direct avec la région que nous nous proposons d'étudier. Il ressort des travaux de ces auteurs que les environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds se trouvent précisément sur la limite des Plateaux proprement dits et des Hautes Chaînes. Un simple coup d'œil sur ces coupes suffirait déjà à nous convaincre de l'état de sénilité de cette partie du Jura. Il est absolument évident qu'ici la topographie n'a rien de structural, mais qu'elle présente au contraire une surface d'érosion très proche de la pénéplaine. Aussi se sent-on fortement tenté d'appliquer à cette région la théorie de Chabot sur la pénéplaine disloquée. La superposition de deux cycles d'érosion s'impose à l'esprit en présence du contraste frappant que fait la vallée du Doubs avec les plateaux environnants.

En face d'une discordance si marquée, on admet volontiers avec Brückner et Chabot l'hypothèse de deux soulèvements distincts avec un temps d'interruption entre deux pour laisser la pénéplaine se former. Si le soulèvement avait été progressif et continu comme l'entend Machatschek, les agents d'érosion n'auraient pas cessé d'agir et nous aurions alors une vallée en V, car le modelé des versants se serait poursuivi normalement. Comment expliquer alors la jeunesse de cette vallée ?

Une tentative d'explication s'est présentée à nous à ce sujet au cours d'excursions faites dans le département du Jura du côté de Morez, Saint-Cergue, lac des Rousses, en comparant différents niveaux d'érosion dans cette région avec ceux du Haut Jura Neuchâtelais. Cette explication, toute gratuite et peut-être un peu risquée, résiderait dans un rapprochement subit de la base commune à tout le réseau jurassien qui dépend du bassin du Rhône. Au lieu de chercher la solution dans un deuxième soulèvement qui aurait eu pour effet d'abaisser le niveau de base par rapport

¹ FAVRE, *Les Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. Eclogae geol. Helv., t. XI, mai 1911. *Flore du Cirque de Moron...* (Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat., t. XLIX, 1924.

² *Dictionnaire Géographique de la Suisse*, article *Doubs et Jura*.

³ *Dictionnaire Géographique de la Suisse*, articles *Orographie du Jura et Géologie*.

aux sources, supposons que la distance des sources à l'embouchure soit réduite, l'effet sera le même, la pente augmente dans les deux cas. Or, on place généralement à la fin du tertiaire la date des grands effondrements méditerranéens, ce qui correspond à peu près à l'époque où Chabot et les autres fixent la seconde phase du plissement jurassien. Y aurait-il là une relation de cause à effet, nous n'en savons rien, mais nous croyons qu'une étude à ce sujet pourrait être intéressante. Il faudrait déterminer au plus près l'époque de ces effondrements en rapport avec l'âge de la pénéplaine.

Quoiqu'il en soit des causes du rajeunissement, ce rajeunissement existe et le problème d'une pénéplanation du Jura demeure tout entier. « M. de Margerie, nous dit Favre, ¹ n'admet pas que le Jura ait atteint un état très voisin de la pénéplaine. Pour lui, la configuration orographique diffère peu de ce qu'elle a dû être à l'origine, le relief a gardé en grande partie sa fraîcheur primitive. M. Rollier a cependant calculé pour le Jura bernois qu'il manque plus d'un tiers des sédiments déposés sur cette région, ² et ce chiffre s'applique à un pays comprenant non seulement le plateau jurassien à couches plissées, mais aussi les chaînes jurassiennes où les abrasions ont été moins considérables. M. Rollier a aussi montré à quel point les anticlinaux ont été nivelés dans les Franches-Montagnes ».

Les profils dessinés par Favre montrent aussi la grande divergence qui existe entre la structure et la topographie. « Le profil structural forme des ondulations énergiques, le profil topographique se rapproche, à peu de chose près, de l'horizontale. Ceci indique clairement quelle intensité ont dû atteindre les phénomènes d'abrasion, pour niveler presque parfaitement une région aussi intensément plissée. »

Favre nous fait remarquer combien, aux environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds, on est frappé de la douceur du relief : « Le fond de la vallée est absolument plat, ses versants ont une pente presque insignifiante, l'anticlinal de Pouillerel, le dôme des Foulets sont transformés en dos aplatis. Dans toute la région, aucune pente abrupte, aucune saillie vigoureuse du terrain, rien n'indique le plissement pourtant énergétique qui s'était fait sentir. Le sommet de Pouillerel est aujourd'hui de 200 à 250 m. plus élevé que le fond de la vallée. Si l'on veut rétablir en pensée la surface structurale, il faut ajouter sur le sommet actuel des anticlinaux, tous les terrains qui n'avaient pas été atteints par l'érosion avant le grand plissement post-miocène du Jura, c'est-à-dire toute la série des étages depuis le bathonien jusqu'au kiméridgien supérieur, ce qui représente environ 500 m. de couches arasées.

Les failles de la région témoignent encore des modifications importantes qu'a subies le modelé. Ainsi la lèvre soulevée de la faille des Petites Crosettes dont le rejet atteignait 300 m., est complètement

¹ JULES FAVRE, *Les Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*.

² ROLLIER, *Structure et histoire géologique du Jura central...* Matériaux Carte géolog. suisse, 8^e livraison, 1^{er} supplément, p. 258.

détruite ; bien plus, il y a aujourd'hui inversion du relief, l'arête affaissée dominant l'autre de 60 m. environ ». ¹

Nous trouvons là des faits régionaux qui ont l'air de confirmer dans le Jura franco-neuchâtelois la théorie de Chabot établie pour les Plateaux du Jura central. Si la pénéplaine n'est pas parfaite, nous devons admettre que le nivellement de cette région a été poussé très loin. Avec une abrasion aussi prononcée, atteignant par endroits 300 à 500 m., on est loin de l'écorçage superficiel et de l'hypothèse d'une « pénéplaine pelticulaire, incapable de modifier l'allure structurale » comme celle que Blache est disposé à reconnaître sur les Plateaux à travers le travail de Chabot.

En résumé, il semble que la discussion soulevée par les théories de Brückner se réduit de plus en plus à une question de mot. Il faudrait s'entendre sur le sens à donner au terme de pénéplaine. Davis, qui l'a proposé, et Brückner, qui l'a appliqué, nous ont donné là une définition un peu schématique. Si par pénéplaine il faut entendre un nivellement complet du relief antérieur, à tel point qu'une ancienne chaîne de montagnes ne subsiste plus qu'à l'état de souvenir, sur une carte géologique, par l'affleurement des couches à la racine des plis, il est évident que le Jura n'est pas une pénéplaine. Par contre, si l'on entend par pénéplaine un abaissement général du relief structural au point de déterminer, à des altitudes variables, des surfaces d'érosion assez larges pour être qualifiées de hauts plateaux, il n'est pas moins évident que le Jura comporte des régions complètement pénéplanées. Cela d'autant plus que les surfaces en question accusent des discordances indéniables avec la structure. De cette manière, le Jura dans ses parties centrales et occidentales serait véritablement une pénéplaine arrêtée subitement dans son évolution par une recrudescence des mouvements orogéniques, par un abaissement du niveau de base ou un rapprochement de cette base dans le sens horizontal, ces trois suppositions aboutissant au même résultat. Cependant, il est beaucoup plus probable que le rajeunissement du relief est dû à un soulèvement ou bombement général de la pénéplaine au moment de la dernière phase de plissement du Jura, phase qui eut pour effet de faire surgir toute la zone des Hautes Chaînes.

Il ressort des travaux cités que l'hypothèse d'une pénéplaine dans le Jura se confirme de plus en plus, à mesure que l'on pénètre davantage dans le détail, au cours d'analyses régionales. Les coupes faites à travers les plateaux neuchâtelois ou franc-montagnards par Schardt, Favre, Rollier, nous montrent des profils où les anticlinaux ont été déjà suffisamment décapés pour atteindre souvent le niveau des synclinaux. Presque toute la Franche-Comté et la région adjacente du Jura bernois avec ses chaînons discontinus, ses dômes aplatis, ses cuvettes aux pentes douces, offrent un aspect qui n'est pas sans analogie avec les ondulations de la plaine suisse. Si l'on cherche à rétablir par la pensée la surface

¹ JULES FAVRE, *Les Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. Nous avons tenu à donner de larges extraits de cet auteur, parce que son travail se rapporte à une région qui touche de très près à celle que nous étudions.

primitive, il faut ajouter plusieurs centaines de mètres de couches sur ce qui reste aujourd'hui des anticlinaux. Il est probable que ce relief imaginaire n'a jamais existé, car le plissement a dû s'effectuer avec une extrême lenteur et les sommets auront été rabotés au fur et à mesure qu'ils s'élevaient. Il n'en demeure pas moins vrai que l'érosion doit avoir été très vigoureuse. Actuellement, toute la zone jurassienne située à l'Ouest des Hautes Chaînes est en plein stade de maturité et cet état semble bien être le résultat de l'érosion normale.

L'AVENIR. CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES. — Le cycle karstique s'empare de plus en plus du sous-sol, mais son installation semble être plutôt récente. Il ira s'accroissant à mesure que les bancs marneux les plus profonds seront percés les uns après les autres, si bien que le relief actuel subsistera très longtemps tel qu'il est, car les eaux de ruissellement disparaîtront toujours plus rapidement dans un sol dont la perméabilité augmente avec le temps. On peut donc admettre que dans le Jura l'érosion subaérienne tend vers zéro.

Les conséquences d'une pareille évolution sont faciles à prévoir ; c'est, entre autres, l'aridité progressive de toute la région. Ceci nous permettra d'apporter une conclusion pratique à cette introduction un peu trop documentaire. L'aridité du Jura est un fait bien connu de chacun, elle est due uniquement à la nature calcaire du terrain. Sur les hauts plateaux, le ruissellement n'existe déjà plus qu'à l'état temporaire, l'eau de pluie s'infiltré immédiatement dans le sous-sol et les sources n'apparaissent à l'état permanent que beaucoup plus bas, presque au pied de la chaîne. La population agricole en particulier n'a pour s'alimenter que l'eau des toits. Les groupes humains plus importants sont obligés de se procurer l'eau potable à grands frais au moyen de pompes qui l'aspirent au fond des profondes vallées d'érosion pour la refouler parfois à trois ou quatre cents mètres plus haut, comme c'est le cas pour la ville de La Chaux-de-Fonds qui s'alimente aux sources des gorges de l'Areuse. De ce fait, les cultures sont réduites à un strict minimum et ne suffisent de loin pas aux besoins des habitants. Les seules ressources du paysan sont l'élevage en vue surtout de la production du lait et l'exploitation du bois. Le pâturage et la forêt dominant donc dans le Jura et celui-là dépend dans une certaine mesure de celle-ci. C'est en effet la forêt qui retient une bonne partie de l'humidité ; cette humidité est absorbée dans l'atmosphère par la chaleur du jour et retombe la nuit sous forme d'une rosée abondante qui suffit à certains moments pour assurer la portion d'eau strictement nécessaire aux prairies et aux pâturages. Aussi, dans ces régions, la richesse agricole est-elle, jusqu'à un certain point, proportionnelle à l'étendue des forêts environnantes.

Tout le Jura suisse se trouve, sous ce rapport, dans des conditions particulièrement favorables. Le déboisement y est limité et le reboisement s'y opère méthodiquement grâce à une législation prudente qui est intervenue à temps pour empêcher ce qu'on appelle les « coupes blanches ». Malheureusement, il n'en est pas de même du côté français. Aucune loi n'y régit l'exploitation du bois, aussi de vastes étendues sont-

elles aujourd'hui complètement défrichées, on n'y trouve plus que de maigres pâturages dont l'herbe courte est rapidement roussie dès qu'il fait un peu sec. Les troupeaux sont obligés de s'y déplacer sur des kilomètres carrés pour trouver leur nourriture.

En passant la frontière franco-suisse, dans la région du Locle par exemple, pour déboucher à Morteau, on est immédiatement frappé par le contraste brusque que nous offre cette partie du Jura français par rapport au Jura suisse que l'on vient de quitter. Aux prairies bien entretenues qui recouvrent le fond des hautes vallées neuchâtelaises, aux coteaux boisés qui les bordent, succède après Morteau une région déjà plus dénudée où la roche perce de toute part le tapis végétal et s'y taille de larges déchirures. L'aspect général du paysage donne l'impression que la contrée s'élève en altitude alors qu'en réalité la voie ferrée descend de 200 m. entre Le Locle et Avoudrey. Pareille dénudation a pour cause le déboisement qui favorise la corrosion des calcaires.

Pour retarder l'évolution du karst et assurer un peu d'humidité à ces plateaux, il y faut maintenir la forêt là où elle subsiste encore et tâcher de reboiser certaines régions par trop dévastées. C'est là le seul remède à l'aridité croissante du Jura, et du Jura franc-comtois en particulier.

CHAPITRE PREMIER

Situation et description générale de la région étudiée.

Situation et description géographiques.

La région que nous nous proposons d'étudier est située tout entière dans le Jura franco-neuchâtelois. La frontière entre la France et la Suisse a été fixée au milieu du lit du Doubs le long du parcours compris entre Les Brenets et Biaufond. En amont des Brenets, la rivière coule entièrement sur territoire français, et en aval de Biaufond, la frontière se confond avec la rive suisse.

Ce tronçon se développe sur une distance de 20 km. La largeur de la vallée proprement dite peut atteindre un kilomètre en moyenne entre les deux lèvres des plateaux qui la surplombent, mais au cours de cette étude, nous débordons quelque peu ce cadre trop étroit et nous pousserons nos observations jusqu'au faite des anticlinaux situés de part et d'autre de la vallée elle-même.

Le territoire qui nous intéresse est limité au Sud-Est, soit donc du côté suisse, par l'anticlinal de Pouillerel et le plateau du Valanvron qui lui fait suite, au Nord-Ouest, soit du côté français, par l'anticlinal du Montot-Grand'Combe des Bois-Blanche-Roche. La combe et la cluse de Biaufond marqueront la limite Nord-Est, sur la frontière bernoise, et le Bied du Locle, celle du Sud-Ouest, sur la frontière française. De cette manière, nous aurons tracé sur le terrain un rectangle ayant à peu près 17 km. de long sur 4 km. de large et orienté du Sud-Ouest au Nord-Est, c'est-à-dire dans le sens des plis de la chaîne.

Exception faite pour la vallée du Doubs proprement dite, l'altitude moyenne de la région peut être placée aux environs de 1000 m. Sur la rive droite, la chaîne de Pouillerel culmine au-dessus de 1100 m. depuis le Mont Choupard, au-dessus des Brenets, jusqu'au point où la route qui vient de La Chaux-de-Fonds contourne la montagne pour descendre à Biaufond. Le sommet est à 1281 m. ¹ Le versant Nord-Ouest de la chaîne

¹ Pour toutes ces indications d'altitude prises sur le côté suisse, voir la *Carte Siegfried* au 1 : 25 000, feuilles n^{os} 83, 116, 130.

présente une pente moyenne de 25 % avant l'abrupt des côtes du Doubs, ce qui n'a rien d'exagéré en montagne. Il est en outre sectionné en gradins qui se succèdent à 60 m. environ les uns au-dessus des autres. On en peut compter trois bien caractérisés dans la topographie, mais dont la continuité dans le sens longitudinal est interrompue, en certains endroits, par des combes.

De haut en bas, on rencontre : d'abord, entre 1140 et 1180 m., un premier palier qui part de la Saignotte et se poursuit jusqu'aux Jeanmaire, Derrière Pouillerel et les Joux-Dessus. Un peu plus bas, entre 1040 et 1070 m., un deuxième palier commence aux Recrettes pour aboutir sur la Pâture, près de la combe de La Ferrière, en passant par Les Planchettes, les Joux-Derrière et les Bassets. Enfin le troisième, entre 830 et 900 m., est très morcelé du fait qu'il est le plus rapproché des côtes du Doubs et que les combes l'ont déjà passablement entamé en poussant leur tête à l'assaut de l'anticlinal. Il commence aux Plaines, passe au bas du Dazenet, se retrouve à l'Abbaye, aux Bardots, près des Brénétés, au Corps de Garde et aboutit au Bas des Brandt.

Entre les Plaines et Les Planchettes, on peut reconnaître un palier intermédiaire et localisé aux Planchettes-Dessous. Il établit la liaison entre le deuxième et le troisième palier par le haut du Dazenet, son altitude moyenne est à 1000 m. environ.

Les surfaces de ces paliers sont toutes encore assez loin de l'horizontale, mais ce sont celles qui s'en approchent le plus par rapport à la pente générale. Le sens de leur inclinaison tend vers la France, c'est-à-dire vers le Nord-Ouest.

Voici la mesure approximative des pentes de quelques-unes d'entre elles :

Les Plaines	17 %	en moyenne.
Le Dazenet	15 à 18 %	»
Derrière Pouillerel	13 à 15 %	»
Les Joux-Derrière	0 à 10 %	»

Le raccord entre ces gradins se fait assez brusquement, puisque nous avons des pentes qui mesurent environ :

à la Côte Voisin	50 %
à la Côte Perret	40 %
entre Les Planchettes et les Jeanmaire	30 % ¹

Il faut mettre à part toute la zone septentrionale, soit la région des Bulles et du Valanvron, dont la morphologie se rattache déjà au plateau des Franches-Montagnes où dominant les ondulations lâches et un relief très atténué. Si nous avons noté quelques points de cette contrée comme appartenant aux paliers énumérés plus haut, c'est parce que leur altitude est assimilable à celle de ces différents paliers et qu'ils se trouvent de fait

¹ Mesures faites au compas sur la *Carte Siegfried* au 1 : 25 000.

dans le prolongement de ceux-ci. Mais on ne rencontre là aucune surface de raccordement qui puisse ressembler à la Côte Voisin ou à la Côte Perret dans la partie méridionale.

Sur la rive gauche, le chaînon du Montot-Grand'Combe des Bois est à une altitude de 1000 m. environ ; les points culminants sont au Montot 1080, les Lessus 1054 et le Groseillier 1058. Nous avons donc une différence de 100 m. en moyenne entre les anticlinaux bordiers ; cette différence atteint même par endroits 150 à 200 m. Remarquons que, de chaque côté, les axes s'élèvent et s'abaissent presque parallèlement. Le sommet de Pouillerel, du côté suisse, se trouve exactement en face du Groseillier qui est le point le plus élevé du côté français ; au plateau du Valanvron, côté suisse, correspondent Blanche-Roche et les Belles Places, côté français.

D'après Jules Favre, nous sommes en présence de « deux croupes allongées, basses, aux pentes douces, à tel point que la seconde (Montot-Grand'Combe) fait plutôt l'effet d'un haut plateau, pas de sommets bien dessinés, ni parois de rochers ou ravins importants ». ¹

Les gradins qui, sur la rive gauche, pourraient correspondre à ceux que nous avons trouvés sur la rive droite, sont beaucoup plus difficiles à déterminer. On peut cependant compter deux paliers plus ou moins marqués. Le premier serait constitué par le sommet même de l'anticlinal qui, de ce côté, est plus aplati que du côté suisse. Situé aux environs de 1000 et 1050 m., il s'étend depuis le Montot par les Lessus et La Grand'Combe jusqu'aux Belles Places. Le second, souvent interrompu, suit à peu près le haut des côtes du Doubs depuis chez Ducreux, au-dessus du lac des Brenets, le haut du Pissoux, le Cerneux, la côte de Grand'Combe, Blanche-Roche, jusqu'à l'angle formé par le coude du Doubs. Son altitude moyenne oscille entre les deux courbes de 900 et de 950 m.

De ces deux paliers, le premier est absolument plat, quant au second, il est légèrement incliné vers la Suisse, c'est-à-dire au Sud-Est. Il est d'ailleurs très étroit et sa pente moyenne varie avec sa largeur. Cette pente peut avoir approximativement 16 % sur la Côte de Grand'Combe. Les plans de raccord sont à peine appréciables, sauf en certains points comme au Pissoux ou au Cerneux. Dans ce cas, le palier inférieur a complètement disparu par suite de la rotation des versants, la plateforme supérieure est alors directement reliée à l'abrupt des côtes du Doubs par une pente d'environ 50 %. ²

Pour terminer cet aperçu général, notons combien l'on est frappé, surtout quand on est sur place, par le rapport des altitudes de certains gradins de la côte suisse avec ceux d'en face. On ne résiste pas à l'envie d'imaginer, d'un bord de la vallée à l'autre, une surface de continuité. Le

¹ JULES FAVRE, *Flore du Cirque de Moron et des Hautes Côtes du Doubs*. Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. Nat., t. XLIX, 1924.

² Pour les altitudes du côté français, voir les cartes :

Carte topographique de France au 1 : 50 000, type 1889, feuille d'Ornans.

Carte des Gorges du Doubs au 1 : 50 000, dressée par Brendel pour le Bureau officiel des renseignements. Éditeur Maurice Borel & C^{ie}, Neuchâtel.

palier des Planchettes correspondrait à celui du village de Grand'Combe, en ayant pour base la courbe de 1000 m. Celui du Dazenet à la Côte de Grand'Combe, en ayant pour base la courbe de 900 m. Mais pour ce dernier niveau, le côté français serait un peu plus élevé que le côté suisse et le dominerait de quelques dizaines de mètres.

C'est dans le synclinal qui sépare ces deux anticlinaux que le Doubs s'est encaissé profondément. Il s'est taillé dans les couches horizontales du fond un profil en V bien accentué, mais avec une tendance à dévier en appuyant sur le flanc qui borde sa rive gauche pour finir par l'entamer à partir d'un certain point situé près des Graviers.

Le thalweg est à 752 m. en amont des Brenets et à 607 m. en aval de Biaufond, altitudes qui représentent le niveau moyen des eaux en ces deux points. La différence (145 m.) doit être répartie sur un trajet de 20 km., ce qui nous donne une pente moyenne de 7 ‰ pour le cours du Doubs à travers notre région.

Le fond de la vallée, par rapport aux bords extrêmes des plateaux qui la dominant, accuse une dénivellation de 200 à 300 m. Mais cette différence de niveau peut varier suivant les sinuosités de la rivière. La moyenne de 200-300 m. n'est pas atteinte, par exemple, au lac des Brenets ou à l'entrée des bassins qui lui font suite. Elle est par contre dépassée à Moron où le Doubs mord en plein dans un anticlinal. A Moron, le fond du cirque est à 671 m. dominé par la Côte de l'Escarpineau (1212 m.) à droite et par le Châtelard (1031 m.) à gauche, ce qui nous donne une différence d'altitude de 540 m. du côté suisse et de 360 m. du côté français. Mais, à part ces exceptions, situées en amont et en aval du Saut du Doubs, la moyenne indiquée est assez constante ; le Doubs se trouve alors en position normale, c'est-à-dire dans le synclinal. « Des pentes douces de ces hauts plateaux, on passe brusquement aux escarpements de la vallée du Doubs qui forme un cañon étroit et profond ». ¹ Ces escarpements sont formés de rochers taillés perpendiculairement et disposés en escaliers. L'inclinaison des versants est d'environ 60 ‰, mais elle peut atteindre jusqu'à 90 ‰, principalement dans les bancs du kiméridgien et du portlandien.

D'après ces quelques données topographiques et les résumant, nous pouvons dès maintenant, avec J. Favre, ¹ distinguer dans la région « deux morphologies bien caractérisées : l'une ancienne et très estompée, l'autre, au contraire, jeune et vigoureuse. La deuxième est emboîtée dans la première ».

Situation et description géologiques.

Nous ne saurions poursuivre ce travail sans posséder au préalable une idée générale de la géologie de la région. Pour cela, nous suivrons assez fidèlement l'aperçu que nous en donne J. Favre dans une étude déjà citée et intitulée *La flore du Cirque de Moron et des Hautes Côtes du*

¹ JULES FAVRE, *Flore du Doubs*.

Doubs.¹ Ses observations concordent parfaitement avec celles que nous avons faites sur le terrain soit seul, soit sous la direction du professeur Bühler.²

Stratigraphie.³

Énumérons d'abord les différents étages qui constituent le sous-sol et localisons leurs principaux affleurements.

La surface topographique ne recoupe dans toute son étendue que des terrains secondaires, depuis le jurassique moyen jusqu'au crétacé inférieur. Nous ne trouvons du tertiaire qu'en un seul point, près des Brenets. La base est constituée par le bajocien et le bathonien, nulle part n'affleure le lias dans notre secteur.

Quaternaire. — Les dépôts quaternaires sont représentés surtout par du *lehm* de décalcification disséminé par plaques sur tout le territoire, mais de préférence aux altitudes moyennes, et par *des éboulis* au pied des escarpements tout le long du Doubs. Le *glaciaire* se rencontre sous forme de moraine, dont il ne reste d'ailleurs qu'un seul exemple signalé par Favre,⁴ et vérifié par Buxtorf⁵ et situé au Saut du Doubs, du fluvio-glaciaire et des blocs erratiques épars et de petites dimensions, reconnus par A. Jaccard⁶ :

« aux Brenets, vers la gare dont l'emplacement est creusé dans le glaciaire avec galets alpins ;

au Pissoux, des blocs disséminés de quartzite et de schiste amphibolique, dont le volume ne dépasse pas 1 m³ ;

aux Plaines, des schistes alpins indéterminés, dispersés dans les champs ;

au Corps de Garde, sur la route de La Chaux-de-Fonds à Biaufond, des blocs de gneiss d'Arolla de 2 à 3 m³ dans le glaciaire jurassien ;

enfin aux Gaillots, sur la rive gauche du Doubs, à Biaufond, du gneiss d'Arolla et un peu de fluvio-glaciaire stratifié ».

¹ Le chapitre géographique et géologique de cette étude, publiée en 1925 dans le *Bull. de la Soc. neuch. des Sc. nat.*, est venu d'ailleurs très heureusement compléter le *Commentaire de la Carte géologique des Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. Ce commentaire fut publié par J. Favre dans les *Eclogae geologicae Helvetiae* en même temps que paraissait en 1910, par les soins de la Commission géologique suisse, la carte au 1 : 25 000 dressée par Favre en collaboration avec Louis Rollier. Le texte explicatif de cette carte n'avait trait qu'à la haute vallée du Locle et de La Chaux-de-Fonds et aux environs immédiats de ces deux villes, il ne dépassait pas, pour la zone qui nous occupe vers le Nord-Ouest, l'axe de la chaîne de Pouillerel.

² Le Dr Henri Bühler, professeur à La Chaux-de-Fonds, était particulièrement qualifié pour nous guider dans nos recherches, ayant lui-même étudié et parcouru en tous sens la région depuis bien des années. Nous avons eu l'occasion d'apprécier grandement ses connaissances spéciales sur la géographie régionale et son sens géologique au cours d'une excursion faite en sa compagnie. Aussi nous tenons encore à le remercier ici pour l'amabilité avec laquelle il nous a toujours reçu, pour les conseils et les renseignements qu'il a bien voulu nous donner et qui nous ont été très précieux.

³ Voir les cartes : a) *Carte géologique des Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds* au 1 : 25 000, par FAVRE et ROLLIER. b) *Carte géologique suisse* au 1 : 100 000. c) *Carte géologique de la France* au 1 : 80 000.

⁴ FAVRE, *Flore du Doubs*.

⁵ BUXTORF, *Das Längenprofil des Doubs zwischen dem Lac des Brenets und Soubey* (*Eclogae geol. Helvet.*, t. XVI, n° 5).

⁶ A. JACCARD, I. *Contribution à l'étude des terrains erratiques* (*Bull. Soc. neuch. Sc. nat.*, t. XX, p. 124 et suiv.). II. *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, 7^e livraison, p. 59.

On trouve, en somme, très peu de glaciaire alpin, presque tous ces dépôts sont du glaciaire jurassien, ils sont en outre très difficiles à reconnaître aujourd'hui car, ou bien ils sont enfoncés en terre et recouverts d'humus, ou bien ils ont été ramassés par les paysans¹ et entassés, pêle-mêle, avec d'autres cailloux, simples produits de décalcification, au bord des champs.

Alluvions. — Il n'existe, pour ainsi dire, plus trace d'alluvions anciennes, sauf peut-être des cailloutis plus ou moins agglomérés et signalés par Rollier² au-dessus de la Maison Monsieur. Par contre, on trouve des alluvions récentes sur les rives et au fond du lac des Brenets, entre les Graviers et la Maison Monsieur, enfin à Biaufond.

Des tourbières de voûte, assez peu nombreuses et de surface restreinte, doivent encore être notées avant de clore la liste des dépôts quaternaires. Ces tourbières ont fait l'objet d'une étude spéciale de la part de Jules Favre et M. Thiébaud.³ Elles sont intéressantes par leur caractère particulier, sur lequel nous aurons à insister au sujet de l'érosion karstique, mais qui tient surtout à leur position orographique. Situées au sommet de la chaîne de Pouillerel, dans sa partie Sud-Est, elles se trouvent entre 1220 et 1260 m. d'altitude, exactement au pâturage de la Saignotte, près de la Ferme Modèle, à la Pâturage, au-dessus de la Sagne Pendante, au Seignolet et Chez Jean Colar.

Le Tertiaire n'a subsisté qu'à un seul endroit de notre territoire sous forme d'un petit lambeau de molasse vindobonienne recouvert en partie par des alluvions récentes et coupé par le Bied du Locle au-dessous de la Rançonnière, au Sud des Brenets. Un petit affleurement de ce terrain apparaît à gauche de la route, immédiatement après le tunnel du Châtelard, dans la direction des Brenets.

Secondaire. — *Crétacé.* Ce qu'il en reste se trouve au fond et sur les bords de deux synclinaux, à l'état de témoins, sur une très courte distance. On a, superposés :

le barrémien, au Sud des Brenets d'une part, et au Pissoux chez Renaud Comte d'autre part ;

l'hauterivien, aux mêmes endroits, où il tapisse avec l'étage précédent le fond des deux synclinaux ;

le valanginien, au Pissoux ;

le berriasien, en couches redressées sur les bords du synclinal des Brenets, soit au-dessus des Pargots, soit au pied de la Caroline où affleurent tous les étages du crétacé déjà nommés, recouverts, eux-mêmes, par

¹ Les paysans ont en effet l'habitude d'amonceler en un coin de leur pré toutes les pierres qu'ils trouvent disséminées sur leurs terres. Ils édifient ainsi de petits monticules qu'ils appellent « murgiers ». Ces matériaux sont dans la suite assez souvent utilisés pour combler les empoisieux et niveler le terrain, pour charger les routes ou les chemins, ils servent aussi à l'érection de ces murs en pierres sèches qui, dans le Jura, limitent les propriétés ou même à certains travaux de maçonnerie. On conçoit, dans ces conditions, que les restes glaciaires puissent échapper le plus souvent à l'observation.

² *Dictionnaire géographique de la Suisse*, article Doubs.

³ FAVRE ET THIÉBAUD, *Monographie des marais de Pouillerel*. Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXXIV, 1905-07.

la molasse au-dessus du Creux aux Loups. Puis on le retrouve beaucoup plus haut, en prolongement dans la combe du Plane, à droite en montant le chemin qui conduit des Brenets aux Recrettes. Au Pissoux, il est à la base du lambeau crétacé qui est demeuré en couches horizontales au fond du synclinal perché, lequel domine l'extrémité Nord de la cluse du Châtelot.

Jurassique. — MALM. *Le purbeckien* marque partout le contact entre le crétacé et le jurassique. On le trouve en bancs très minces au pied de la Caroline et aux Pargots, à gauche en montant la combe du Plane, enfin au Pissoux. Partout ailleurs, il a disparu par érosion et l'on passe immédiatement

au *portlandien*, que l'on rencontre dans les synclinaux, presque toujours en couches horizontales et aux altitudes moyennes. Il recouvre à lui seul, pour une bonne part, les différents paliers énumérés plus haut. Du côté suisse, il forme une large bande qui s'étend des Pargots jusqu'à la combe de la Sombaille. A partir de là, il ne reste qu'un ruban qui borde les rochers de la rive droite du Doubs. Une plaque importante a subsisté à la Joux-Perret, au-dessus de la combe du Valanvron. Sur la rive française, on le trouve au bord du Doubs à Chaillexon, d'où il monte au Pissoux et va mourir à mi-côte près des Graviers.

Le kiméridgien perce sous le portlandien partout où l'on rencontre celui-ci. Comme lui, il est généralement en couches horizontales ou peu inclinées. Il apparaît, dans cette position, sur une largeur de 1 km. à 1 km. 500, recouvert de part et d'autre par le portlandien, et forme une bande qui part des Recrettes, est interrompue par le cirque de Moron, mais se poursuit sur le palier des Planchettes et du Dazenet, jusqu'à la combe de la Sombaille. On le retrouve, en larges plaques, aux Bulles et sur le plateau du Valanvron. Il est visible, en position redressée, quelque cent mètres plus haut que cette bande, à la Roche de la Caroline, au-dessus des Brenets et des Recrettes, Derrière Pouillerel ; au Grillon, il forme un ruban étroit et discontinu le long d'une faille. Sur la rive française, il flanque de chaque côté l'anticlinal Montot-Grand'Combe. Son affleurement débute dans les bassins du Doubs à l'Écho, passe au-dessus du Saut, monte au Pissoux où il tapisse le versant Nord du Châtelard et constitue le sommet de la côte jusqu'à Blanche-Roche. Dans la vallée proprement dite, la tranche des couches de cet étage forme les parois perpendiculaires qui tantôt dominant la gorge au sommet des escarpements, tantôt sont à la base de ceux-ci suivant les ondulations axiales. On le trouve ainsi sur l'une et l'autre rive, jusqu'aux Graviers. A partir de ce point, on ne le rencontre plus sur la rive française, tandis qu'il se poursuit jusqu'à la Rasse sur la rive suisse.

Le séquanien sillonne, à flanc de coteau, toute la chaîne de Pouillerel à une cinquantaine de mètres en dessous du faite, du côté Nord-Ouest. C'est d'abord un mince ruban qui part de la Rançonnière, est dévié vers le Nord-Ouest par une faille transversale, se poursuit au tunnel du Châtelard, touche aux ravins de Moron par la tête des combes les plus poussées, s'effile pour disparaître à la Galandrure. Ce ruban ressort

derrière Pouillerel et va, s'élargissant, par le Grillon, les Bassets, les Bulles, jusqu'au sommet de la Côte du Valanvron sur la rive gauche de la Ronde et aux Brenetés. Sur ce parcours, les couches sont redressées dans les parties les moins larges de l'affleurement. Elles sont au contraire sensiblement horizontales là où le séquanien s'étale en clé de voûte, comme entre les Brenetés et la Joux-Perret, reliant le ruban symétrique qui court à mi-côte sur le versant opposé et dont les couches également redressées plongent sous la vallée de La Chaux-de-Fonds.

Dans la vallée du Doubs, le séquanien constitue le fond du synclinal, à partir du Saut du Doubs jusqu'à l'entrée du cirque de Moron. Là, les couches se redressent à angle droit du côté français pour former la crête du Châtelard. Du côté suisse, elles demeurent à peu près planes avec un léger plongement vers le Sud-Est tout en s'élevant avec l'axe de l'anticlinal. Les couches montrent alors leurs tranches, comme celles du kiméridgien et du portlandien qui les recouvrent. On retrouve le dos de ces mêmes couches à la Côte Perret, dans la combe de la Sombaille et aux Joux-Derrière.

Au Moulin de la Chaux, en amont des Graviers, la tranche du séquanien affleure, au bord du Doubs, jusqu'au-dessous de l'Abbaye, sur la rive suisse. Sur la rive française, cet étage se trouve dans la même position et constitue le fond du synclinal, à partir du même point, mais jusqu'aux Graviers seulement. Là ces couches se relèvent et tapissent le versant de Grand'Combe à peu près jusqu'à Biaufond. Le dos des couches ressort, beaucoup plus haut, sur l'anticlinal tout le long de Grand'Combe jusqu'au-dessus et au Nord du Pissoux.

L'argovien, d'une manière générale, est circonscrit par le séquanien sur la chaîne de Pouillerel. A son tour, il marque une bande et flanque de chaque côté cet anticlinal. Cette bande débute au Sud-Est de la Caroline, déviée par la même faille que le séquanien tout à l'heure, elle reprend dans la combe du Châtelard, passe au Nord et à l'Ouest de la Saignotte, au-dessus de la Sagne Pendante et des Jeanmaire et se poursuit, sans discontinuer, par la Racine, le sommet de Pouillerel, les Joux-Dessus, pousse un prolongement assez large vers le Nord-Est aux Combettes et rejoint, par la Belle Maison (le Chalet), Jérusalem et l'Orphelinat, la bande symétrique, sur le versant qui domine les vallées de La Chaux-de-Fonds et du Locle. Sur ce parcours, les couches sont naturellement redressées de part et d'autre de l'anticlinal, sauf à la Belle Maison et à l'Orphelinat où elles forment voûte.

On aperçoit la tranche des couches, dans la vallée du Doubs en amont et un peu au-dessus des sources d'Entre-Roches, tout le long du cirque de Moron, dans la même position que le séquanien sous lequel elles se trouvent. L'argovien constitue ici la plus grande partie du lit du Doubs, tout le long de Moron jusqu'à l'entrée de la cluse du Châtelot. Le dos de ces mêmes couches affleure dans la combe de la Sombaille encadré de séquanien. A partir de là, une bande, plus large que la première, suit les escarpements de la vallée et recouvre le sommet de l'anticlinal du Corps de Garde ¹ jusqu'au delà de notre région. Enfin, cet étage paraît encore

¹ Voir plus loin la description tectonique.

sur la rive française au bord du Doubs et dans la cluse de Biaufond, d'où l'affleurement se continue dans le prolongement vers le Nord-Est de l'anticlinal de Grand'Combe.

DOGGER. Le callovien. Avec lui, nous entrons dans le dogger alors que jusqu'ici, pour le jurassique, nous avons eu affaire au malm. Le callovien comprend la dalle nacrée avec, au-dessous, les calcaires roux sableux. Les affleurements de ces deux niveaux circonviennent l'anticlinal de Pouillerel depuis le Col-des-Roches jusqu'au Haut-des-Combes et aux Carrières-Jaqui. Les couches sont inclinées et forment les deux pans d'une voûte large dont le sommet ne subsiste qu'au Seignolet, coiffé par un vestige d'argovien et aux Frêtes, sous le lehm. Partout ailleurs, la voûte est crevée par les couches du bathonien. Le sommet de Pouillerel (1281 m.) est à cheval sur l'argovien et la dalle nacrée. Géologiquement, la crête de l'anticlinal se trouve sur le versant Nord-Ouest de la chaîne. Quelques affleurements, beaucoup plus restreints, paraissent encore au faite de petits édifices dominant les gorges du Doubs près de l'Abbaye, au Corps de Garde et dans la combe de la Ferrière, qui sont des points culminants de l'anticlinal secondaire des Planchettes.

Au fond de la vallée, la ferme de Moron et les terres adjacentes sont sur la dalle nacrée qui perce à cet endroit sous l'argovien. De même à Biaufond, sur la rive droite, on voit la dalle nacrée en position inclinée sur le versant Sud-Est de l'anticlinal qui prolonge celui de Grand'Combe, et au Refrain, sur la côte française.

Le bathonien n'est mis à jour qu'au sommet des anticlinaux. Le seul affleurement qui perce dans la vallée du Doubs est lui-même sur un anticlinal. Il se trouve un peu en aval de la ferme de Moron, dans le lit de la rivière où il forme un petit seuil bradfordien. Il nous a été signalé par le D^r Henri Bühler au cours d'une excursion. Favre, sur la carte qu'il a faite en collaboration avec Rollier¹, lui donne deux teintes dans sa gamme des couleurs géologiques. Il distingue le bathonien supérieur ou bradfordien et le bathonien inférieur ou bathien, appelé aussi grande oolithe. On trouve, presque toujours, le *bradfordien* en voûte recouvrant le sommet de l'anticlinal. Il apparaît dans la cluse du Col-des-Roches, passe sous la dalle nacrée pour ressortir un peu plus loin sur la chaîne de Pouillerel aux Communales, au Balleau, à la Saignotte, jusqu'à la Ferme Modèle et à la Pâturage. Recouvert à nouveau par la dalle nacrée, il forme une pointe qui se développe, le long d'une faille, de la Barigue jusqu'à la Maison Blanche. La bande s'élargit au Maillard, pour diverger ensuite vers le Gros Crêt et le Haut-des-Combes d'une part, et vers la Combe Grieurin d'autre part. On le retrouve sur l'épaule qui domine La Chaux-de-Fonds, au Point du Jour et au-dessus de l'Orphelinat. Un petit affleurement pointe au Corps de Garde.

Le bathien se rencontre au fond de la gorge de la Rançonnière et un peu au-dessous du sommet de Pouillerel, entre les digitations du bradfordien, au Haut des Combes et au Point du Jour.

¹ Carte (au 1 : 25 000) des Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds.

4°20'

FRANCE 4°25'

CARTE DES GORGES DU DOUBS

DES BRENETS A BIAUFOND

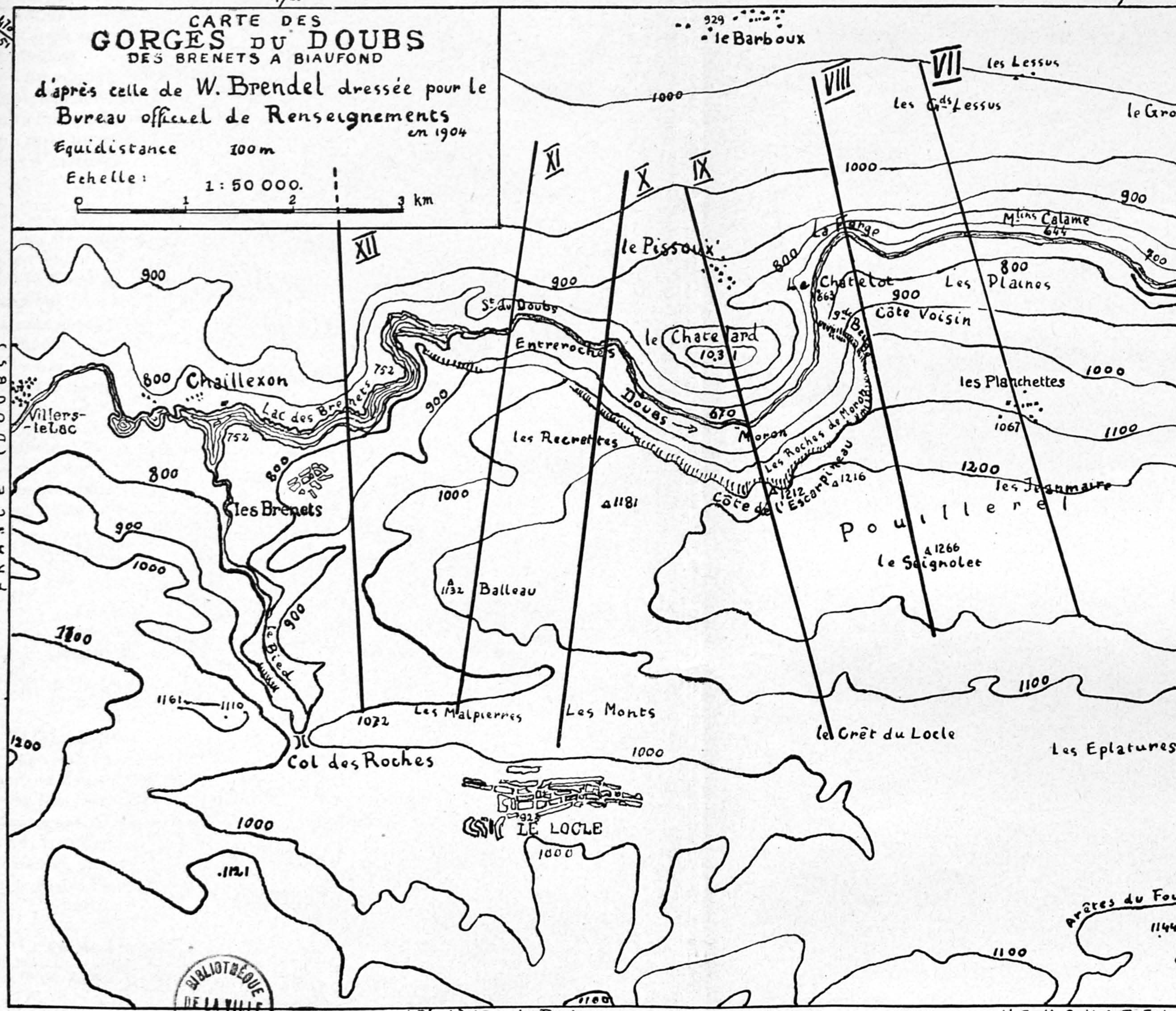
d'après celle de W. Brendel dressée pour le Bureau officiel de Renseignements en 1904

Equidistance 100m

Echelle: 1 : 50 000.

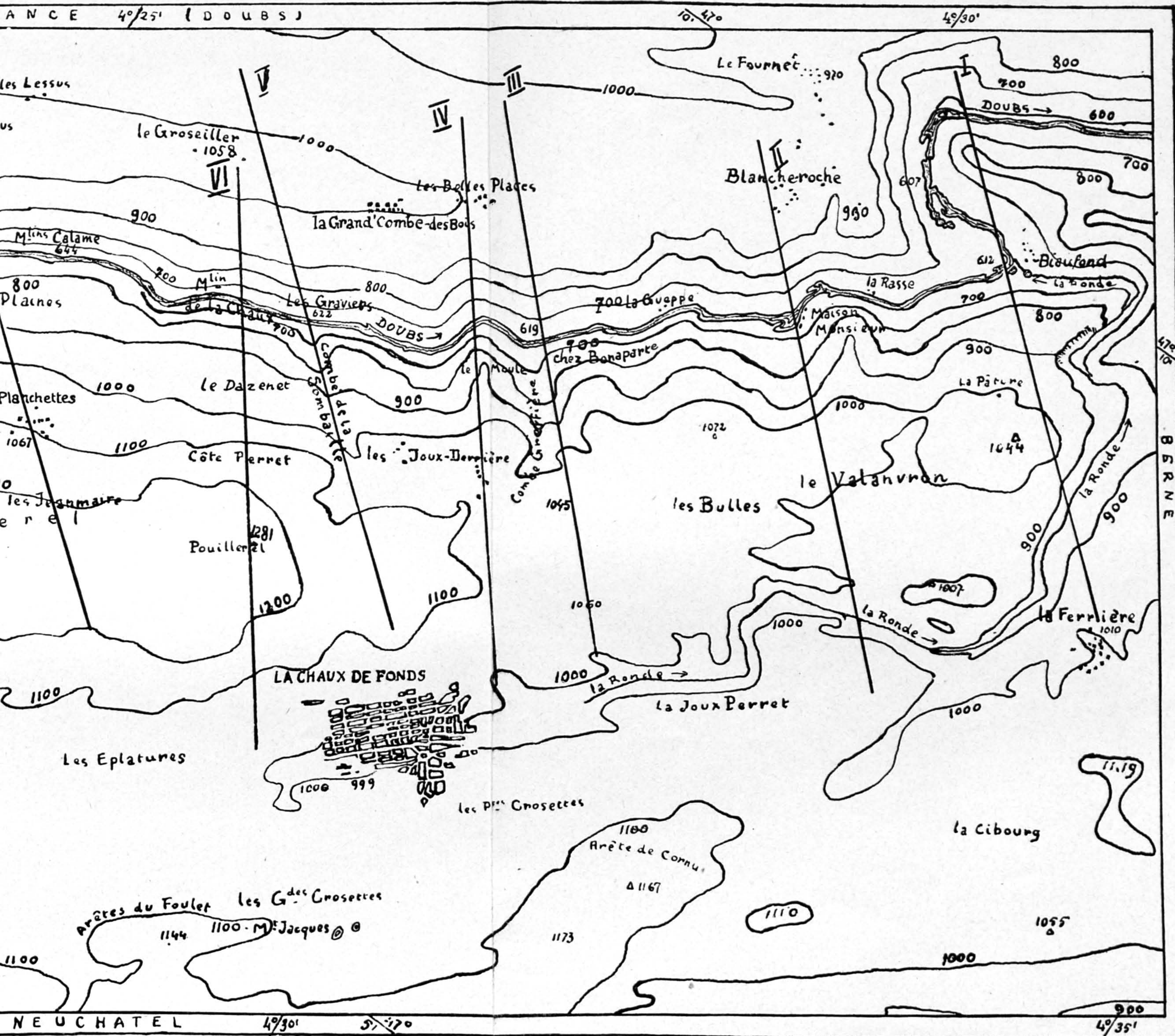
0 1 2 3 km

FRANCE (DOUBS)



4°25' à l'Est de Paris

NEUCHÂTEL



GORGE & BOUILLON

THE GREAT BRITAIN

1850

1851

1852

1853

1854



Le bajocien, ou oolithe subcompacte, est le dernier étage du dogger. C'est, dans notre secteur, le terrain le plus ancien. Il n'est mis à découvert qu'à trois places, près du Haut des Combes, dans un endroit haché de failles.

En résumé, le malm domine dans toute la région, avec ses couches supérieures dans les synclinaux et ses couches inférieures flanquant les anticlinaux. Le dogger forme voûte sur toute la chaîne de Pouillerel. Ce qui reste du crétacé est si peu important qu'il peut être négligé dans une vue d'ensemble.

Tectonique.

La structure de la région serait assez simple, si de nombreuses failles n'avaient dévié ou bouleversé les formes originelles, suivant qu'elles se produisirent pendant le plissement ou consécutivement à celui-ci. Nous pouvons ici nous reporter à la description géologique de Jules Favre ¹ comme étant l'étude la plus complète et la plus récente des lieux qui nous occupent.

« Les chaînes du Montot et de Pouillerel, dit-il, sont constituées par des anticlinaux et la vallée du Doubs, dans ses grandes lignes, correspond à un synclinal. » Cette observation générale est parfaitement illustrée par les quatre coupes de Favre qui accompagnent son étude. Cela ressort également de la série de profils successifs jointe au présent travail.

Si nous décomposons la région en ses éléments tectoniques, nous reconnâtrons, avec l'auteur précité, trois anticlinaux séparés par deux synclinaux et nous aurons de l'Ouest à l'Est :

- 1° a) l'anticlinal simple Montot-Grand'Combe ;
- b) » Planchettes-Corps de Garde ;
- c) » de Pouillerel.

Ces deux derniers peuvent être à la rigueur considérés comme un seul anticlinal double, celui des Planchettes serait alors un pli secondaire et l'ensemble prendrait le nom de Pouillerel.

- 2° a) le synclinal du Pissoux entre les deux premiers anticlinaux ;
- b) le synclinal Villers-le-Lac-Les Brenets entre les deux derniers.

L'anticlinal du Montot, assez bas à Chaillexon, s'élève progressivement vers le Saut du Doubs, se continue jusqu'à Grand'Combe des Bois tout en demeurant très aplati, forme un ensellement à Blanche-Roche, pour remonter et se poursuivre ensuite dans la direction des Franches-Montagnes. C'est là qu'il est coupé profondément par la cluse de Biaufond. L'anticlinal des Planchettes, soudé d'abord au Montot, forme à sa naissance un seuil bas qui, peu à peu, se sépare de l'anticlinal principal, en aval des Brenets, et s'en va obliquement dans la direction des Recrettes. ² A partir de là, le pli s'accroît en un pli monoclinale, « une vous-

¹ J. FAVRE, *Flore du Cirque de Moron et des Hautes Côtes du Doubs*. Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XLIX, 1924.

² Voir FAVRE, *loc. cit.*

sure », ¹ qui s'accôle par son flanc supérieur à l'anticlinal de Pouillerel et ne se distingue pas de celui-ci dans la topographie. C'est au sommet de cette voussure que le Doubs a taillé le cirque de Moron en pénétrant jusqu'au cœur de ce pli. La cluse du Châtelot nous en donne une coupe naturelle très suggestive à la Grande Beuge (fig. 1). On la voit particulièrement bien du Belvédère des Recrettes, dès lors il tend à devenir un pli couché, mais il dégénère en pli-faille, il chevauche le synclinal et le

N.-W.

S.-E.

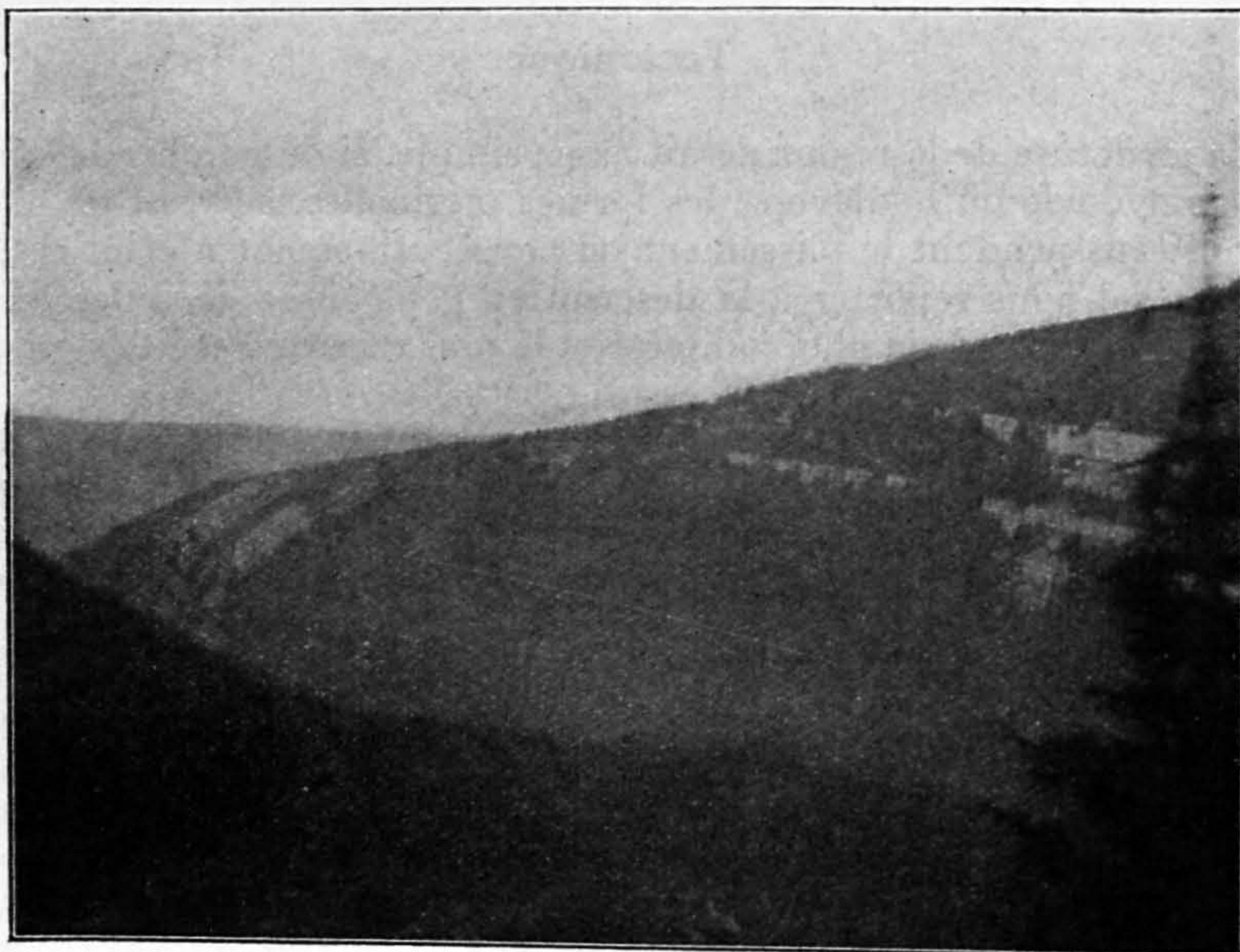


FIG. 1. — LA GRANDE BEUGE.

Cliché E. Bell.

Vue prise du Belvédère des Recrettes. Coupe naturelle à travers l'anticlinal Planchettes-Corps de Garde ; 2 failles aux endroits où la forêt interrompt la ligne des couches. A gauche, au sommet de la voussure, affleure le séquanien, au centre et à droite les couches visibles sont du portlandien et du kiméridgien. A remarquer la discordance entre la topographie et la structure, et comparer cette photo avec la coupe VIII de notre série de profils.

rétrécit. En même temps qu'il s'élève, il se redresse au Corps de Garde et tend à devenir un pli droit à l'Ouest du Valanvron, à l'endroit où le coupe la combe de Biaufond. Plus ou moins confondu avec l'anticlinal de Pouillerel, il finit par s'en distinguer à partir de l'Abbaye vers le Nord.

Le plus important des trois anticlinaux est celui de Pouillerel. Tandis que les deux autres ne nous sont nettement révélés qu'à travers une coupe géologique, l'anticlinal de Pouillerel affecte encore d'une manière importante la topographie. C'est lui qui constitue à proprement parler la chaîne de Pouillerel. Venant du Sud, il pénètre dans notre région au Col-des-Roches, où il est profondément entamé par la cluse de la Ran-

¹ VOIR DE MARTONNE, *Traité de géographie physique*, p. 700.

çonnière. Là se trouve un ensellement que le Bied a utilisé pour s'échapper de la vallée du Locle. Puis il forme un dôme très large en partie évidé par la combe du Châtelard. Les couches redressées qui le flanquent forment deux crêtes : d'un côté la Roche de la Caroline et le Mont Châtelard, de l'autre côté le crêt du Col-des-Roches.

A partir de la Saignotte, l'anticlinal se déverse légèrement vers les Recrettes et s'accôle à celui des Planchettes constituant « un pli-faille

S.-E.

N.-W.



Cliché E. Bell.

FIG. 2. — PLI SECONDAIRE DANS L'ARGOVIEN

au fond du cirque de Moron, près de la cluse d'Entre-Roches. Petit synclinal au centre, à droite minuscule anticlinal sur l'emplacement marqué du marteau. Le pendage général des couches est à cet endroit Nord-Ouest.

qui oblitère complètement le prolongement du synclinal Villers-le-Lac-Les Brenets, lequel normalement devrait séparer les deux anticlinaux ». ¹ Il pousse enfin graduellement jusqu'au sommet de Pouillerel où se trouvent les affleurements les plus profonds. Il atteint là le point culminant de son axe, il s'abaisse dès lors pour s'évanouir aux Bulles et au Valanvron, où presque partout on trouve les couches horizontales ou si peu inclinées qu'elles donnent à ces plateaux une allure structurale. Seule, une bande de séquanien émerge du kiméridgien et nous indique encore la direction de cet anticlinal surbaissé.

Les deux anticlinaux des Planchettes et de Pouillerel semblent avoir obéi à une loi de compensation dans la répartition de leurs masses ; l'un

¹ FAVRE, *Flore du Doubs*.

s'abaisse quand l'autre s'élève. Pourtant le pli Planchettes-Corps de Garde est loin d'atteindre en aucun point soit la largeur soit la hauteur de celui de Pouillerel.

Le corps de ces anticlinaux peut être affecté de plissements secondaires qui se trahissent à la surface par des épaulements, l'inclinaison des couches diminue tout à coup pour reprendre en dessus ou en dessous. C'est le cas, par exemple, de l'épaulement qui affecte le versant de Pouillerel tourné vers La Chaux-de-Fonds, où l'on a un replat en dessous du sommet, puis une reprise de pente. D'autres petits plissements existent en profondeur bien qu'ils ne laissent rien paraître à la surface. On les découvre dans des cluses comme celui que j'ai photographié au fond du cirque de Moron après le tournant d'Entre-Roches en allant vers l'aval (fig. 2). Là, l'argovien semble s'être plissé indépendamment des étages supérieurs, lesquels n'auront fait que glisser sur lui.

L'anticlinal des Planchettes à son début, c'est-à-dire à l'endroit où il n'est encore qu'une simple voussure, pourrait être confondu plus ou moins avec l'anticlinal de Pouillerel, si un peu plus loin il ne se séparait du pli principal pour former un pli distinct, à partir des Joux-Derrière jusqu'au-dessus de Biaufond.

Le premier des synclinaux cités commence à se dessiner dans la région du Saut du Doubs, à la naissance de l'anticlinal des Planchettes-Corps de Garde. Jusque là, il n'existe pas, sa place est occupée par l'anticlinal en question qui ne fait qu'un avec celui du Montot et dont l'axe à cet endroit est très bas. Déterminé par la voussure qui le borde à l'Est, son flanc de ce côté se redresse à angle droit tandis que de l'autre côté les couches sont d'abord peu inclinées. Il est donc asymétrique au début et demeure ainsi à peu près jusqu'aux Moulins Calame, où l'inclinaison du flanc du Montot s'accroît fortement. D'abord très large, mais peu profond, il s'encaisse et se rétrécit de plus en plus, à mesure que l'on progresse vers le Nord-Est. Son fond est plat, mais toujours plus étroit entre le Pissoux et Biaufond. Il se prolonge au delà par la combe de Biaufond dans la direction du Jura bernois.

Le deuxième synclinal, très large entre Villers-le-Lac et Les Brenets, se resserre et s'élève rapidement à partir de cette dernière localité pour disparaître ensuite complètement de la topographie. On peut encore le suivre dans la combe du Plane, où subsiste un lambeau de crétacé, mais plus loin il est voilé sous le flanc Ouest de l'anticlinal de Pouillerel qui dégénère en pli-faille et l'obstrue entièrement, ainsi que nous l'avons déjà dit. Le prolongement de ce synclinal n'est plus marqué que par cette faille qui se poursuit tout le long de la chaîne. Un affleurement de kiméridgien,¹ plus ou moins important, bordé de part et d'autre par du séquanien et situé sur cet accident tectonique peut encore, par endroits, nous signaler son existence.

Les failles, comme nous l'avons déjà remarqué, sont nombreuses dans la région, mais toutes sont nivelées à un tel point que, pour la plupart, il est impossible de les reconnaître dans la topographie. Seuls, des

¹ Voir série de profils transversaux (fig. 4, 5, 6, 7).

contacts anormaux et des brèches de dislocation peuvent encore les trahir, mais ces contacts eux-mêmes sont difficiles à établir, car ils ont lieu, assez souvent, entre les couches d'un même étage.

Il faut distinguer deux systèmes de failles : l'un parallèle à l'axe de la chaîne, c'est le plus important, et l'autre transversal à cet axe. Dans ce dernier système, certaines failles ont tendance à s'infléchir vers le Nord et vers l'Est, pour prendre finalement à peu près la même direction que les autres. Cette déviation s'explique par le fait que ces failles résultent des forces tangentielles qui furent appliquées là, lors du plissement de la chaîne. Bien qu'elles soient généralement peu importantes, il faut pourtant noter spécialement celle qui commence à la Vue des Alpes, pour aboutir au Nord de la Ferrière par où elle touche à notre territoire. Sa direction est franchement Sud-Nord ; elle doit son origine à un décrochement horizontal qui a rompu la suite normale des synclinaux et des anticlinaux. Ces décrochements sont choses assez communes dans le Jura, ils ont été étudiés de près par Heim et par Schardt et se sont produits par « suite de l'impossibilité que rencontraient les couches à s'étirer latéralement au delà d'une certaine limite ». ¹

Cette faille maîtresse figure sur la carte géologique au 1 : 100 000 (feuille 7), sur la carte spéciale de Rollier et Favre publiée en 1910 au 1 : 25 000, de même sur celle de Rollier, à la même échelle, relative à la région de Saint-Imier et qui date de 1893 ; elle s'arrête au Cernier des Aigles, à l'Est du Cul des Prés, mais elle doit, à mon avis, être accompagnée à l'Ouest d'accidents secondaires du même genre bien que plus restreints. On trouve, en effet, à Biaufond, sur la rive droite du Doubs, un pointement de rocher où le pendage des couches, proche de la verticale, ne coïncide pas avec l'inclinaison des bancs horizontaux situés sur un plan parallèle au Nord de ce point et qui serait perpendiculaire à l'axe de la vallée. Nous devons avoir là aussi un petit décrochement qui pourrait bien être la cause originelle de la cluse de Biaufond.

Un faisceau de failles, semblables mais beaucoup plus courtes, hache le faite de l'anticlinal, à l'Est du sommet de Pouillerel où elles affectent le dogger, entre la Recorne, le Haut des Combes et le Point du Jour. On en trouve encore quelques-unes, isolément et dans les mêmes couches, au Seignolet, à la Saignotte, au Balleau et au Col-des-Roches. ²

Quant au groupe de quatre à cinq failles parallèles qui sillonnent notre secteur dans le sens longitudinal et qui limitent, plus ou moins exactement, les paliers énumérés plus haut, elles appartiennent au premier système.

La plus méridionale et la moins longue d'entre elles prend naissance sur le côté du décrochement du Col-des-Roches, près de la Caroline, sur la route du Locle aux Brenets. Elle met en contact l'argovien et la dalle nacrée. Elle se poursuit, à la limite de ces deux terrains, par l'Augemont jusqu'aux Saney. La suivante, d'après Rollier, ferait suite au décrochement en question dont l'extrémité, par un coude brusque, changerait de

¹ HENRI BÜHLER, *Les Crosettes*. Bull. Soc. neuchâtel. Géogr., t. XXVII, 1918.

² Carte ROLLIER ET FAVRE au 1 : 25 000.

direction. Pour notre part, nous croyons plutôt que nous avons affaire à deux failles distinctes et que celle qui nous intéresse en ce moment est limitée comme la précédente par le décrochement transversal. Plus ou moins dissimulée, au début, par une brèche dont elle est sans doute la cause immédiate, elle se continue par les Recrettes, effleure le cirque de Moron ; à la Galandrure, elle met en contact le portlandien et le séquanien, puis le kiméridgien et l'argovien aux Jeanmaire ; elle passe derrière Pouillerel, dans le séquanien jusqu'au Grillon, où réapparaît un peu de kiméridgien sur sa lèvre supérieure ; elle décrit enfin une courbe de grand rayon, pour aboutir dans la combe de la Ferrière, où elle est arrêtée net par la grande faille transversale signalée plus haut. C'est elle qui a permis le chevauchement de l'anticlinal de Pouillerel sur celui des Planchettes. Ce fait nous oblige à reconnaître que cette faille-là est certainement concomitante au plissement, mais probablement à la dernière phase de celui-ci.

On rencontre deux autres failles parallèles, un peu plus bas sur le versant Ouest de Pouillerel. Elles débutent dans le ravin de Moron, débouchant, l'une au restaurant des Roches et aux Planchettes, l'autre au Corps de Garde et au Bois de Ville, cette dernière se poursuit par la Nérode jusqu'en dessous du Dazenet. Toutes deux sont dans le kiméridgien. Rollier, sur sa *Carte des Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*, donne l'une comme plus longue que l'autre, mais il doit, je crois, les arrêter toutes deux beaucoup trop tôt. La première, qu'il fait disparaître en pointillé sous une plaque de lehm, au-dessous des Planchettes, se poursuit certainement jusqu'à la Sombaille. On les retrouve, en effet, toutes les deux dans la combe en descendant des Joux-Derrière aux Graviers, comme nous avons pu le constater sur place en compagnie du Dr Bühler. Ces failles se signalent par des affleurements de séquanien et de kiméridgien qui se succèdent de manière anormale, à travers cette coupe naturelle qu'est la combe de la Sombaille. En outre, les tranches de couches mises en contact sont laminées et broyées, constituant une brèche de dislocation évidente, à gauche en descendant le sentier qui nous conduit au Doubs.

Enfin, si nous passons cette rivière, nous trouverons une dernière faille sur l'anticlinal de Grand'Combe, un peu avant d'arriver au sommet. C'est la seule faille que nous ayons à signaler du côté France. Ses extrémités sont difficiles à déterminer avant et après le Pissoux, car le terrain est nivelé et recouvert d'humus et de végétation qui gênent l'observation. Mais au Pissoux et plus au Nord en face des Plaines, elle est parfaitement visible même à partir du côté suisse, d'où l'on peut voir le séquanien dominer le portlandien d'une hauteur de 20 m. environ. La faille n'est pas indiquée sur la Carte de France au 1 : 80 000, feuille d'Ornans, on a même, par erreur, entouré le crétacé du Pissoux d'une bande de portlandien à son tour cerné d'une bande de kiméridgien. Malheureusement, nous n'avons pas pu reconnaître ces deux étages, au-dessus du Pissoux. On passe, au contraire, directement du crétacé en bas au séquanien en haut. Sur la feuille 6 de la Carte géologique suisse au 1 : 100 000, on trouve bien le crétacé directement en contact avec le séquanien, au-

dessus du village, conformément à la réalité. Mais au-dessous du village, le portlandien n'est pas figuré sur la carte. Il existe pourtant en face de la cluse du Châtelot, très bien caractérisé par une corniche en forme de champignon qui permet de reconnaître cet étage à première vue, tout le long des gorges du Doubs.

Cette faille est donc assez importante, en cet endroit du moins, puisqu'elle fait sortir au même niveau le séquanien, le crétacé et le portlandien. Favre, dans ses coupes, donne bien ces terrains dans cette position, séparés par une faille verticale.¹ Pourtant cet accident ne paraît pas nécessaire pour expliquer la structure géologique des lieux, ni avant ni après le Pissoux, car les affleurements que l'on rencontre de chaque côté de ce point se succèdent normalement.

De ces deux systèmes de failles, est-il possible d'envisager l'un comme antérieur à l'autre ? Il semble que oui. Dans cette hypothèse, les failles transversales ou décrochements se seraient produits en premier lieu sous la poussée de forces tangentielles, lors du plissement de la chaîne. Les failles longitudinales, par contre, pourraient être considérées comme postérieures et causées par le tassement qui suit toujours l'érection d'un édifice orogénique. La supposition est d'autant plus plausible que le Jura est un plissement de couverture² et qu'il a dû se produire des vides sous les anticlinaux, entre le socle hercynien immobile et le tapis sédimentaire qui glissait par-dessus. De même, il a pu se former localement entre certaines couches des décollements favorisés par l'intercalation de bancs marneux qui jouèrent un rôle lubrifiant. Il en serait résulté, pour la jeune chaîne jurassienne, un état d'instabilité transitoire qui devait provoquer dans la suite une mise en place des matériaux. Ceux-ci se seraient équilibrés suivant les lois de la pesanteur, soit à la fin du plissement, soit après lui, mais, dans l'ensemble, les failles parallèles à l'axe des plis seraient postérieures à celles qui sont plutôt perpendiculaires à cet axe.³

¹ Voir les coupes 2 et 3 dans FAVRE, *Flore du Doubs*.

² On sait que, d'après la découverte de Buxtorf, le décollement de la couverture sédimentaire se serait produit au niveau du trias moyen.

³ Concernant les décrochements horizontaux, voir l'hypothèse récente de SCHARDT : *Les cours d'eau pliocéniques et les accidents transversaux dans la chaîne du Jura*. *Eclogae geolog. Helvet.*, t. XVI, n° 1, 1920, p. 120 et suivantes.

CHAPITRE II

Cours du Doubs.

Profil en long.

Après avoir décrit le cadre général de la région, situons et considérons d'un peu plus près la vallée du Doubs proprement dite. Dans ce but, nous pouvons citer ici textuellement Favre : ¹

« A l'amont des Hautes Côtes, le Doubs coule dans le synclinal de Villers-le-Lac dont le fond est constitué par les terrains tendres du créta-cé inférieur, aussi la vallée est large et les versants en pente douce. Mais vers le Nord-Est, dans la direction Les Brenets-Recettes, ce synclinal s'élève rapidement, de sorte que la rivière le quitte à partir des Pargots pour entailler le seuil bas de l'anticlinal qui le flanque au Nord et le sépare de la dépression synclinale du Pissoux. Sur ce tronçon la rivière s'enfonce en cañon dans les calcaires subhorizontaux des derniers étages du jurassique supérieur, du kiméridgien et du portlandien.

« Au Saut du Doubs », exactement aux sources d'Entre-Roches, un peu en aval du Saut, « alors que la rivière va atteindre le synclinal du Pissoux, pour une raison inexplicquée encore, elle abandonne sa direction primitive, qui paraît normale, pour pénétrer profondément, par un grand méandre encaissé, jusqu'au cœur même de l'anticlinal Planchettes-Corps de Garde. Ce méandre encaissé constitue le cirque de Moron. Les escarpements en sont dus aux calcaires du portlandien, du kiméridgien et du séquanien supérieur, tandis que les pentes inférieures, boisées et recouvertes d'éboulis, sont formées des terrains généralement marneux ou marno-calcaires, du séquanien inférieur et de l'argovien, puis du callovien et du bathonien supérieur. ² Ce n'est qu'au Châtelot, après avoir décrit une demi-boucle, que le Doubs entre dans le synclinal du Pissoux. Il ne le quitte plus jusqu'à la Maison Monsieur.

« Sur tout ce tronçon, ce synclinal est dépouillé de ses terrains créta-cés, de sorte que la rivière est encaissée dans les étages supérieurs du

¹ J. FAVRE, *Flore du Doubs*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. nat., t. XLIX.

² Nous avons précisé l'endroit exact où apparaissent ces différents terrains, dans l'aperçu stratigraphique du chapitre précédent.

jurassique : du portlandien au séquanien. Partout le versant droit du ravin est constitué par les couches horizontales du fond du synclinal, tandis que le versant gauche montre des strates inclinées de 50-60° au Sud-Est du pied de l'anticlinal de Grand'Combe-des-Bois». En réalité, c'est à partir des Graviers seulement que les strates inclinées sont visibles du côté français, auparavant les couches sont horizontales sur les deux rives. Comme nous l'avons déjà noté, l'inclinaison apparaît d'abord

N.-W.

S.-E.



Le Doubs en aval de Chez Bonaparte. (Cliché H.B.)

Cliché H. Bühler.

FIG. 3. — LA VALLÉE VERS L'AVAL DE CHEZ BONAPARTE.

Vue prise en dessous du Moule de l'Abbaye, au lieu dit la Roche Plate. Au premier plan, le Doubs coule au fond du synclinal, sur les couches du séquanien. Les escarpements sont dus aux bancs compacts du kiméridgien. Dans la partie supérieure du versant français, on a le séquanien incliné. Au deuxième plan, la vallée est monoclinale, puis isoclinale. Les rochers qui ferment la vallée, au fond, marquent l'emplacement de la cluse de Biaufond. Comparer cette vue avec les profils de la vallée en aval des Graviers, Coupes I à V, planche II.

au sommet de la côte et progresse peu à peu sur tout le versant à mesure que l'on descend vers l'aval. Le Doubs atteint à cet endroit la remontée des couches sur le bord Nord-Ouest du synclinal et, suivant les sinuosités qu'il décrit, on trouve le séquanien en position inclinée du haut en bas, ou bien inclinée seulement sur la partie supérieure du versant et horizontale au fond de la vallée. Dans ce cas, un peu de kiméridgien a subsisté à mi-hauteur dans l'angle formé par les couches de l'étage inférieur (fig. 3). Cette position du kiméridgien est fort bien rendue sur la photographie prise vers l'aval, d'un point situé sur la rive suisse au lieu dit la Roche Plate et d'où l'on peut voir la vallée en enfilade.

« A partir de la Maison Monsieur », disons pour préciser à la Gueppe, « le cours d'eau s'engage dans le flanc Sud-Est de cet anticlinal (Grand'-Combe), de sorte que le cañon devient isoclinal. Ses deux parois calcaires montrent le même plongement 50-70° vers le Sud-Est. A Biaufond enfin, la rivière forme un coude à angle droit et traverse en cluse l'anticlinal de la Grand'-Combe, qu'elle entame jusqu'aux calcaires de la dalle nacrée, soit le callovien ».

Voilà donc, dans ses grandes lignes, et en rapport avec la tectonique, le cours de la rivière entre Les Brenets et Biaufond. Détaillons-le maintenant, par tronçons, en progressant de l'aval vers l'amont. Nous aurons ainsi tracé le profil en long du Doubs pour la partie de son cours qui nous occupe.

Biaufond-La Rasse. — A Biaufond on est immédiatement frappé par le caractère anormal de la vallée. Le fond en est très élargi et presque plat, bien que l'on se trouve à l'entrée d'une cluse, laquelle offre d'ailleurs les mêmes particularités. Le Doubs y coule sur un lit d'alluvions, ses rives marécageuses sont mal définies ; il y croît toute une flore aquatique, des algues, des nénuphars et de certaines graminées qui fixent leurs racines dans la vase ou le sable du fond et restent immergées sous les eaux tranquilles, jusqu'aux roseaux analogues à ceux des bords de nos lacs. Il faut rechercher la cause de cette anomalie un peu plus bas, au Refrain, où un barrage naturel, produit d'un éboulement très considérable, amena la formation d'un lac qui occupa la vallée primitive assez haut vers l'amont, car, d'après Buxtorf, « dans la zone bloquée, la masse amoncelée s'élève encore aujourd'hui jusqu'à 658 m. d'altitude ». ¹

Le lac ainsi formé au-dessus du barrage devait donc avoir son niveau autour de cette cote. Mais ce lac a, depuis longtemps, été rempli par les alluvions du Doubs, témoin la plaine alluviale de Biaufond. En aval du Refrain, la rivière est à 560 m. d'altitude environ, si bien que l'ancien lit, à Biaufond, ne devait pas être beaucoup plus élevé. Si, en tenant compte de la pente antérieure et du creusement qui a dû s'opérer au pied du barrage depuis sa formation, on ajoute 20 m. au chiffre que nous venons d'indiquer, on doit obtenir approximativement le niveau du fond rocheux de l'ancien lit. Cela représente actuellement à Biaufond une épaisseur d'alluvions de 20 m. environ, puisque le Doubs est à 607 m. d'altitude en ce point. On peut admettre aussi que la partie de la vallée qui a été comblée est plus étroite que celle qui apparaît à ciel ouvert. En outre, le comblement doit être antérieur à la dernière glaciation, puisque l'on trouve aux Gaillots entre 610 et 650 m. du glaciaire qui, d'après Favre, date du Würm. ²

L'élargissement anormal de la vallée en cet endroit serait-il en rapport avec un glacier jurassien descendu du haut plateau neuchâtelois par la combe de la Ferrière et celle de Biaufond ? C'est possible, mais nous ne

¹ BUXTORF, *Das Längenprofil des Doubs zwischen le lac des Brenets und Soubey.* *Eclogae geolog. Helvet.*, t. XVI, fascicule n° 5.

² FAVRE, *Flore du Doubs.*

DÉLEBECQUE, *Bull. Services Carte géol. France*, vol. 17, n° 115, p. 60, 1907, cité par Favre.

voulons pas l'affirmer, car le seul témoin glaciaire que l'on rencontre là ne suffit pas à l'établir.

« En amont, par contre, les traces d'alluvions diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche de la Rasse ... où l'on se trouve de nouveau en présence d'un petit éboulement dont la niche de départ est facilement visible un peu plus haut sur le versant français. MM. Favre et Collet, rapporte Buxtorf, ¹ sont d'accord avec moi pour admettre que cet éboulement de la Rasse est moins grand que les précédents ² et qu'il n'est pas descendu dans une vallée vide, mais que, bien au contraire, il s'est posé sur une masse alluviale déjà existante ». Il serait donc postérieur à l'éboulement du Refrain.

Presque nul à Biaufond, le courant du Doubs augmente à mesure que l'on remonte la vallée. A la Rasse, il forme des rapides et commence à bondir à travers les gros éboulis du barrage naturel, quelque deux cents mètres avant le pont. Près de celui-ci subsistent les restes d'une écluse, petit barrage artificiel avec, sur le côté, une ouverture et un canal d'adduction pour laisser passer l'eau qui fournissait la force motrice à une scierie actuellement en ruine sur la côte française. Sans cette correction apportée à la nature, les rapides remonteraient beaucoup plus haut.

La Rasse-Moulin de la Chaux. — A partir du barrage de la Rasse, la rivière reprend le même aspect qu'elle avait à Biaufond. Le courant diminue et la nappe liquide s'élargit peu à peu pour atteindre un maximum d'une centaine de mètres avant et après le pavillon des Sonneurs. La rivière, à cet endroit, présente des retours qui donnent lieu à de petites anses séparées du lit principal par des bancs de sable situés alternativement sur la rive française et sur la rive suisse. L'eau parfaitement tranquille dépose là des alluvions fines sur lesquelles une abondante végétation aquatique a pu prendre pied. Cette végétation diminue en étendue et en variété dès que l'on s'éloigne de la petite agglomération de la Maison Monsieur, elle ne subsiste vers l'amont que sur les berges. Les limons du fond sont aussi remplacés par des sables et par des graviers à mesure que le courant, toujours assez faible, gagne cependant en intensité.

Tout le parcours de la Maison Monsieur aux Graviers peut s'effectuer en barque, promenade qui ne manque pas de charme dans ce site pittoresque et qui permet, en même temps, d'observer à loisir l'allure des couches sédimentaires dont la position diffère d'un versant à l'autre, comme nous l'avons déjà indiqué. Mais il peut arriver, si les eaux sont basses, que l'on soit obligé d'abandonner à mi-chemin son bateau pour continuer la course à pied à partir de Chez Bonaparte. La profondeur diminue et le courant augmente de là jusqu'aux Graviers au moment des basses eaux. Cet inconvénient disparaît en temps normal et au temps des crues, parce qu'alors la différence de niveau diminue entre l'aval et

¹ BUXTORF, *Das Längenprofil...*

² Il s'agit ici des éboulements du Refrain et du Saut du Doubs, nous analyserons ce dernier plus loin.

l'amont et surtout parce que le lit du Doubs s'élargit considérablement par rapport à son lit mineur.

A cet endroit le Doubs fait un coude très marqué, bien que de petites dimensions,¹ pour contourner le môle de l'Abbaye.² Cette demi-boucle est formée par l'amorce de deux cluses perpendiculaires l'une à l'autre et qui entament le flanc de l'anticlinal de Grand'Combe.

La distance de Maison Monsieur aux Gravieres est de 5 km. environ, la différence de niveau de 4 m., la pente moyenne est donc de 0,8 ‰, ce qui est minime. Elle est encore plus faible en réalité en aval de Chez Bonaparte et plus forte en amont du même point.

Entre les Gravieres et le Moulin de la Chaux, le courant augmente jusqu'à l'écluse qui fixera la limite de notre deuxième tronçon. Sur ce parcours, le lit de la rivière est vierge de toute végétation aquatique, les quelques touffes d'algues que l'on peut rencontrer ici et là n'entrent pas en ligne de compte. La vase et le sable même font défaut et le fond du lit est entièrement recouvert de graviers et cailloux roulés, d'où émergent parfois quelques gros blocs de rocher détachés des versants.

Tout le long du parcours que nous venons d'effectuer, le Doubs coule sur ses propres alluvions dans une vallée assez large du fait qu'elle est en partie comblée. Mais la rivière actuellement a plutôt tendance à débayer ces dépôts qu'à les augmenter. Cette tendance ira en s'accroissant, en même temps que le barrage de la Rasse et celui du Refrain s'abaisseront davantage par érosion. D'ailleurs, ce travail est déjà bien amorcé, du moins en ce qui concerne la Rasse, depuis que l'écluse de la scierie n'est plus entretenue faute d'emploi.

Ici se termine notre deuxième tronçon qui est de beaucoup le plus long, les autres sont plus courts, seul le suivant atteint 2 km. et le dernier 3 km.

Moulin de la Chaux-Moulins Calame. — Ce parcours est caractérisé par une reprise des rapides qui ne seront, dès lors, interrompus que par d'anciens barrages artificiels qui coupent le courant de place en place, jusqu'au Saut du Doubs. Le petit bassin d'accumulation formé par l'écluse du Moulin de la Chaux est entièrement comblé par des graviers et des galets de moyenne grandeur, l'eau en temps normal et pendant les crues déborde le barrage sur toute sa longueur, dans les périodes de sécheresse l'écoulement se fait de côté par une brèche. Remarquons, une fois pour toutes, que ces petits barrages hauts de deux à trois mètres, sont constitués par de grosses pierres taillées et rectangulaires, posées simplement les unes sur les autres sans ciment, qu'ils sont tous passablement démantelés et qu'ils sont destinés à disparaître assez rapidement, entraînés par le courant au moment des grandes eaux. Les petites industries qui les utilisaient encore il y a un demi-siècle, n'existent plus et ces modestes travaux d'art élevés à grand'peine et multipliés tout le long de la rivière, sont désormais voués à la destruction.³

¹ Ces brusques changements de direction s'appellent « vires » dans le pays.

² C'est à la Roche Plate, point situé sur le promontoire à 100 m. environ au-dessus du thalweg et à l'intérieur du coude du Doubs, que fut prise la photographie de la figure 3.

³ D'après les renseignements qui nous furent donnés par le D^r Bühler, ces barrages artificiels ou écluses dateraient pour la plupart du XV^e siècle.

En avançant vers l'amont, les rapides s'accroissent, le lit du Doubs est de plus en plus encombré, on y trouve à côté d'éboulis moyens, des quartiers de roche plus hauts qu'un homme. Les eaux jusque là assez calmes, deviennent tumultueuses et se précipitent en torrent à travers ces débris généralement couverts de mousse. Notons ici que les cailloux et les graviers que l'on trouve dans le lit du Doubs, sont assez mal roulés, qu'ils marquent encore souvent des arêtes vives, bien qu'elles soient parfois dissimulées sous la mousse, ce qui leur donne l'apparence d'être arrondies. Il faut attribuer cela au fait que ces produits d'érosion se trouvent déposés assez près du point d'où ils ont été arrachés. Parmi les blocs ou les galets que nous pouvons ramasser ici, aucun ne provient d'un endroit situé en amont du Saut. Le parcours maximum qu'ils ont pu effectuer ne dépasse pas quelques kilomètres, une quinzaine tout au plus. D'autre part, il semble que les calcaires de cette région se décomposent par éclats, comme on peut le vérifier dans les groisières, ce dont nous reparlerons plus loin. Ce qui explique l'absence dans le lit du Doubs de vrais cailloux roulés tels qu'on peut les trouver dans toutes les rivières du Plateau suisse, par exemple, ou bien à l'embouchure de l'Areuse dans le lac de Neuchâtel, pour citer des débris de roches de même nature.

Enfin, peu à peu, la vallée devient plus étroite et plus encaissée, l'érosion s'y accuse plus vigoureuse.

Moulins Calame-la Forge. — Sur ce tronçon les rapides continuent avec plus ou moins de force suivant l'encombrement du lit. La gorge se rétrécit et quelque 500 m. avant la Forge, le Doubs qui, en aval, avait une direction Sud-Ouest-Nord-Est, fait un coude et coule dans le sens Ouest-Est.

La Forge-le Châtelot. — Une nouvelle écluse à la Forge coupe le courant et retient des dépôts alluviaux assez épais. A signaler à cet endroit, au-dessus d'une paroi de kiméridgien qui tombe à pic dans la rivière, un champignon de portlandien dont la forme est caractéristique pour cet étage. Le même affleurement se continue en corniche tout le long de la côte française et peut être suivi jusqu'aux Graviers. Le petit bassin situé derrière le barrage de la Forge est très court, bientôt la pente s'accroît et les rapides reprennent dans les mêmes conditions que plus bas. En outre, la vallée tourne subitement et le Doubs prend une direction Sud-Nord.¹ Un peu avant d'atteindre l'écluse du Châtelot, on trouve pour la première fois l'eau de la rivière en contact direct avec la roche en place. Il reste bien encore quelques éboulis et gros blocs, mais ils reposent visiblement sur le fond rocheux, les éléments plus petits ont tous été déblayés. Le fond du lit est en train de se creuser comme le prouvent les marmites nombreuses et bien formées qui apparaissent à l'étiage. Avant l'écluse du Châtelot, il est très difficile de longer la berge de la rivière très resserrée à cet endroit avec un surplomb des parois de 10-15 m. de haut.

¹ Orientation suivant le sens du courant.

*Le Châtelot-Moron.*¹ — L'accès des bords du Doubs devient plus facile dès que l'on a dépassé l'écluse du Châtelot, tout au moins on ne le perd pas de vue en suivant le sentier sur la rive droite. Derrière le barrage, le niveau s'élargit et des alluvions se sont naturellement accumulées et recouvrent le lit inférieur, mais sur une distance assez courte. En cet endroit, les eaux, sauf aux périodes de crues, sont calmes. Le lit s'approfondit passablement vers l'amont à mesure que l'épaisseur de la couche d'alluvions diminue. A l'auberge du Châtelot et au-dessus, la profondeur atteint encore 7 à 8 m. aux basses eaux et c'est un minimum d'après ce que m'a affirmé un riverain. Le fond, très inégal, est parsemé de marmites

COUPES SCHÉMATIQUES²

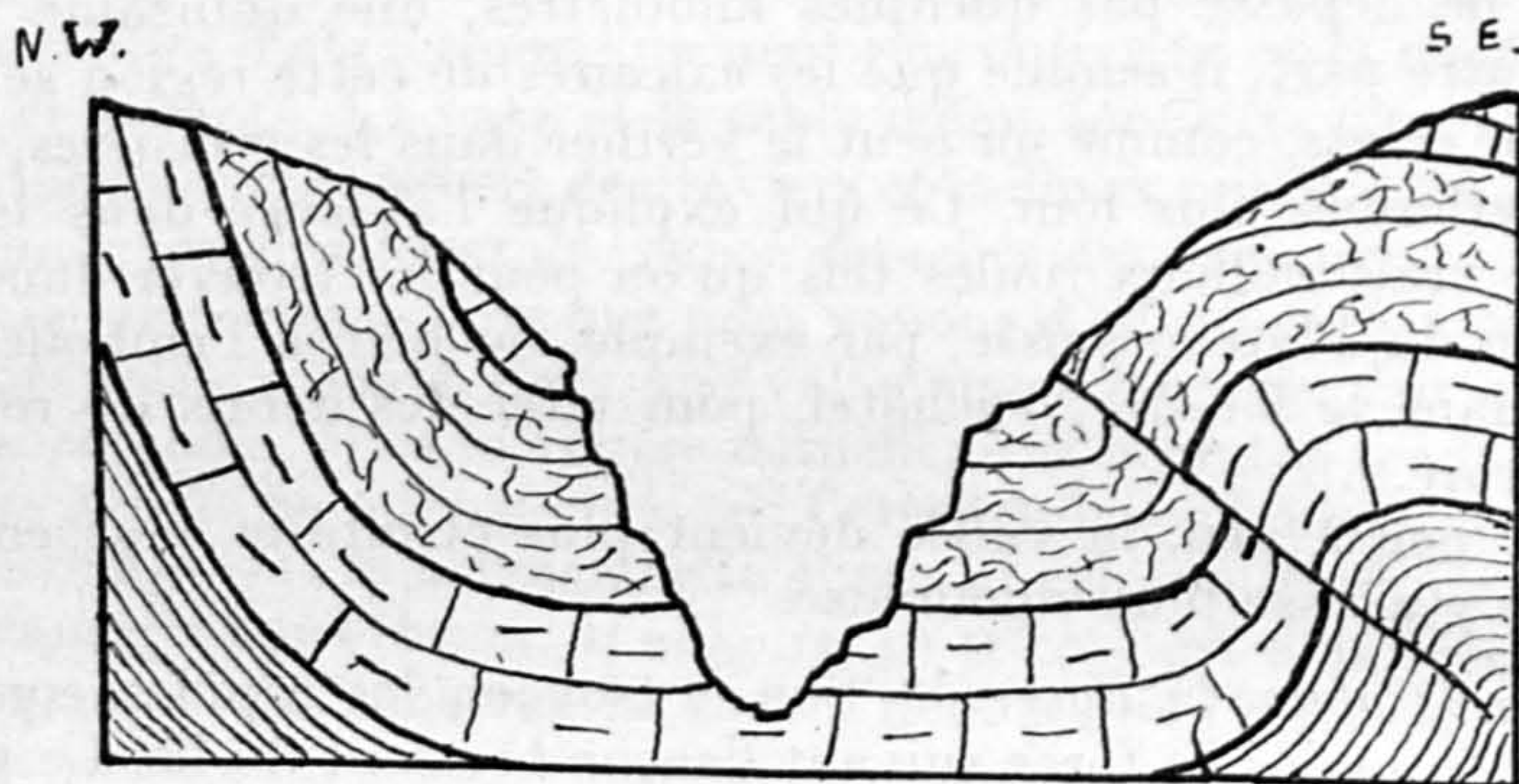


FIG. 4. — ENTRE LE CHATELOT ET LES GRAVIERS.

Vallée symétrique, soit par les affleurements, soit par le profil topographique. Les versants forment un angle très fermé dans la partie inférieure et très ouvert dans la partie supérieure. Profil transversal à la vallée et à l'axe de la chaîne. Vallée synclinale.

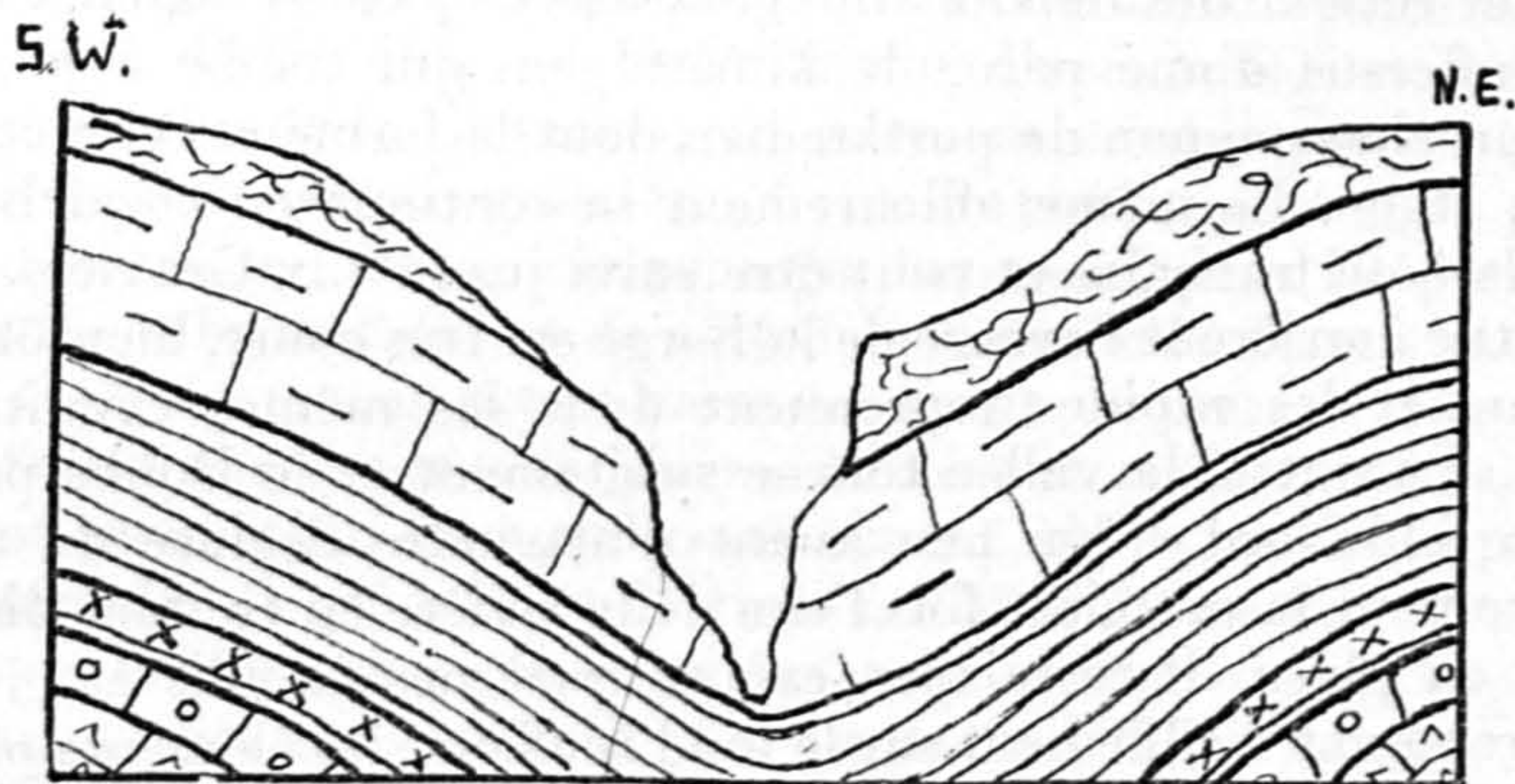


FIG. 5. — CLUSE DU CHATELOT.

Profil transversal à la vallée, mais longitudinal à l'axe des plis. Gorge étroite dans un ensellement axial. Vallée transversale.

¹ Voir nos coupes schématiques, fig. 4, 5, 6, 7.

² Les coupes fig. 4 et 6 sont inspirées des profils de J. Favre, les deux autres sont de l'auteur. Pour la légende des terrains, se reporter à celle de la planche II (hors-texte).

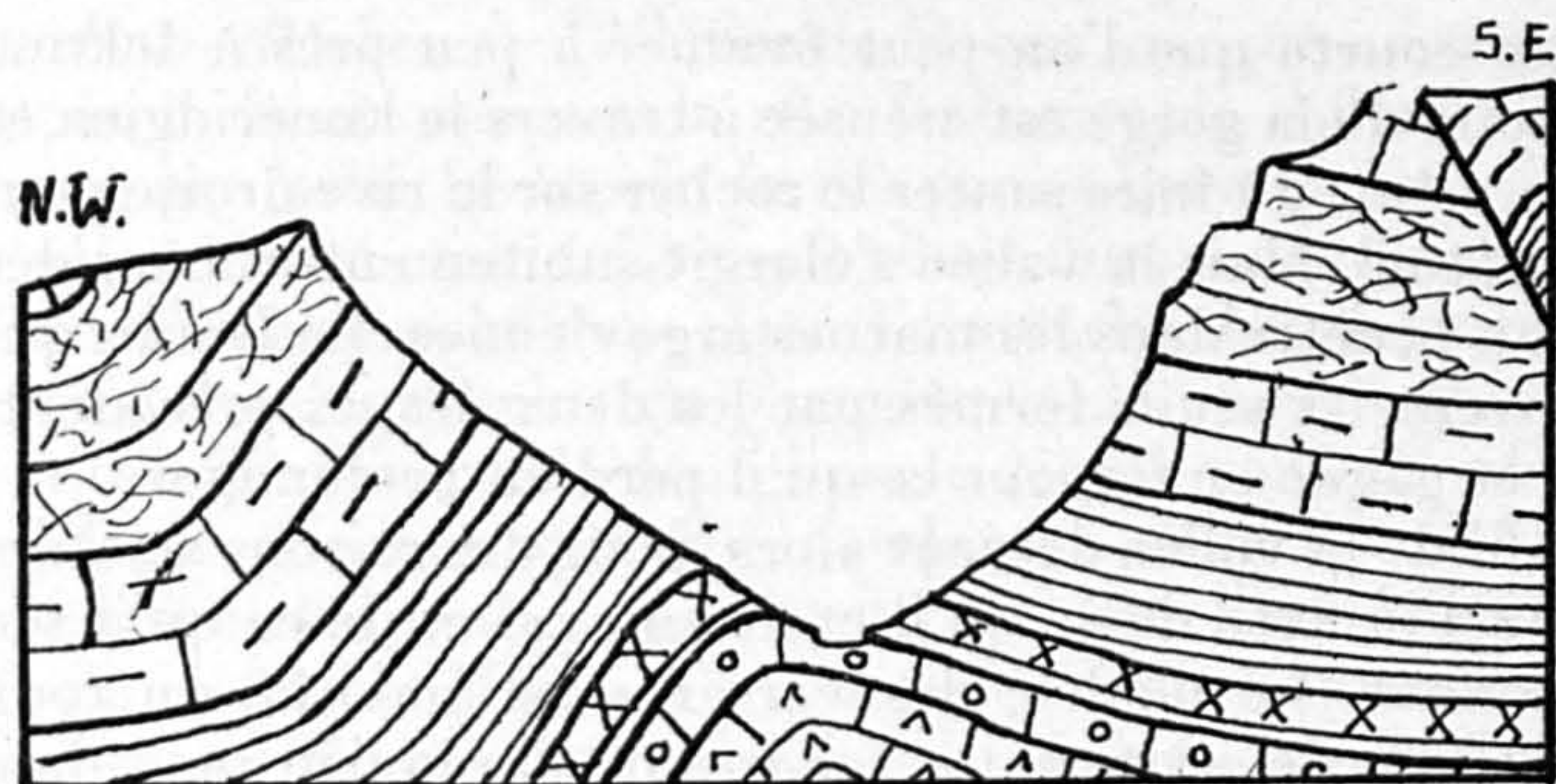


FIG. 6. — CIRQUE DE MORON.

Profil transversal à la vallée et à la chaîne. Versants très écartés, escarpements à la partie supérieure. Vallée anticlinale.

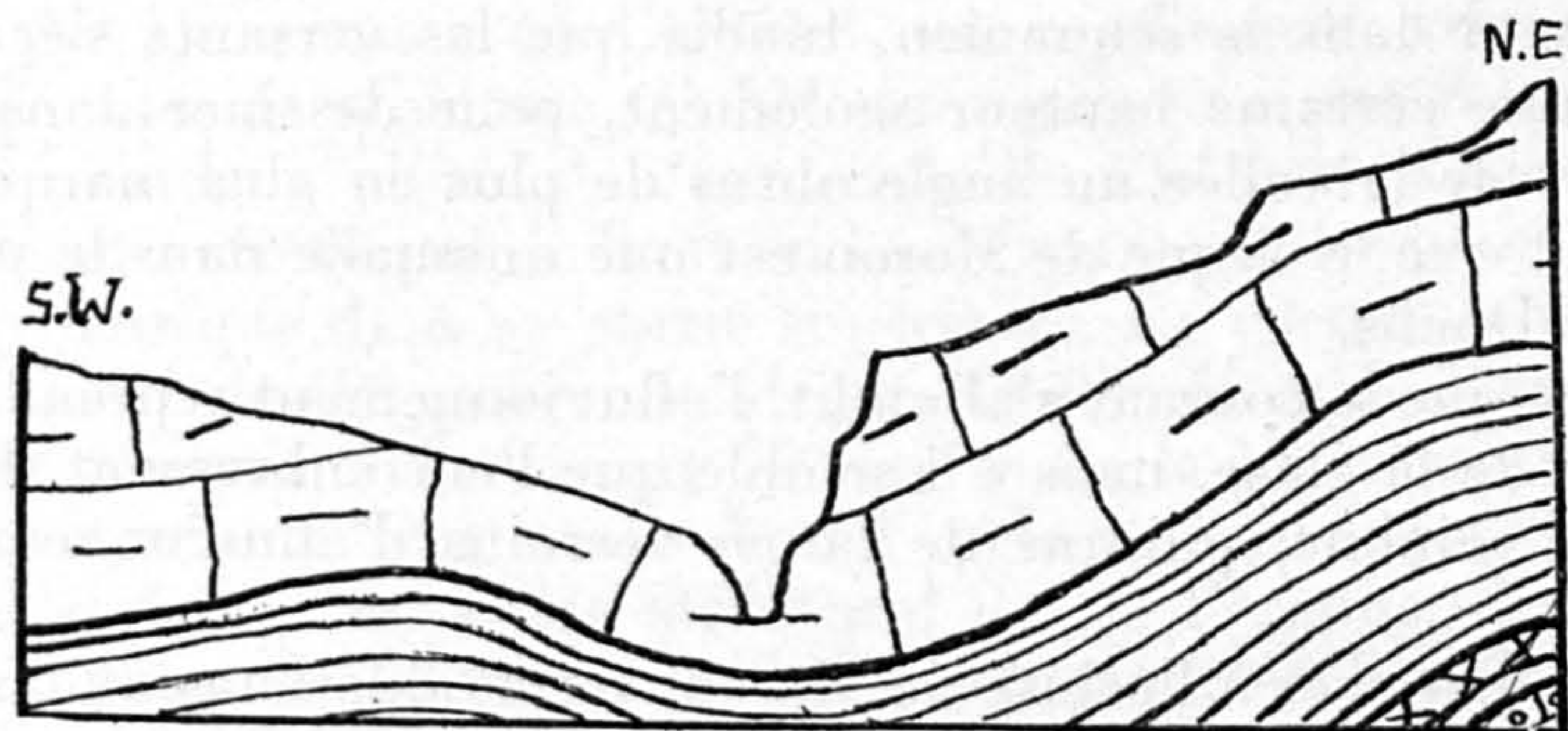


FIG. 7. — CLUSE D'ENTRE-ROCHES.

Profil transversal à la vallée, mais longitudinal à l'axe de la chaîne. Vallée asymétrique transversale.

et de gros blocs que l'on aperçoit à travers l'eau limpide, lorsqu'on circule en barque sur la partie de ce tronçon qui est navigable. De la Forge où débouche la cluse, la rivière coule sur le fond horizontal du synclinal du Pissoux qu'elle coupe transversalement. Mais un peu plus haut que l'auberge, exactement au-dessous de la Grande Beuge, elle se heurte aux couches perpendiculaires qui se relèvent brusquement pour former le flanc Nord-Ouest de l'anticlinal des Planchettes. Le Doubs s'est taillé là une gorge en coup de scie qui est un type absolument remarquable de cluse en plein stade de jeunesse. De chaque côté, la tranche des couches forme des parois verticales à 4 ou 5 m. de distance seulement l'une de l'autre. C'est l'endroit le plus étroit de toute la vallée avec la cluse d'Entre-Roches que nous verrons tout à l'heure.

La rivière a utilisé fort à propos un ensellement de l'axe anticlinal, ensellement bien marqué et visible surtout du belvédère du Club Alpin, sur le sentier des Recrettes, d'où l'on domine magnifiquement tout le cirque de Moron. Les eaux, pour creuser leur lit, ont attaqué successivement le kiméridgien, le séquanien et l'argovien, pour atteindre finalement le callovien et le bathonien supérieur à Moron, cela sur une dis-

tance assez courte que l'on peut évaluer à peu près à 1 km. La partie la plus étroite de la gorge est creusée à travers le kiméridgien et le séquanien ; on a même dû faire sauter le rocher sur la rive droite pour y établir le sentier actuel. Mais la vallée s'élargit subitement et considérablement dès que l'on pénètre dans les marnes argoviennes. Le Doubs qui franchissait en torrent les seuils formés par les deux étages précédents, ralentit son cours et gagne en largeur ce qu'il perd en profondeur.

Le profil de la vallée devient alors, pour des raisons stratigraphiques, exactement l'inverse de ce qu'il était en aval et de ce qu'il sera de nouveau en amont. Le modelé des versants est modifié du tout au tout, par l'apparition de ces terrains tendres de l'argovien succédant aux calcaires compacts du kiméridgien. La ligne de forte pente et les abrupts se trouvent de chaque côté au sommet de la côte, les pentes plus atténuées et plus régulières, sont au-dessous vers le fond de la vallée. Jusqu'à présent, au contraire, la rivière coulait en cañon dans le kiméridgien et plus en aval dans le séquanien, tandis que les versants s'écartaient à partir d'une certaine hauteur seulement, pour dessiner dans la partie supérieure de la vallée un angle obtus de plus en plus marqué. Disons en passant que le cirque de Moron est une anomalie dans le profil de la vallée du Doubs.

Du fait que le courant s'affaiblit, l'alluvionnement reprend ses droits en amont de la cluse, mais « il semble que l'encombrement du lit a dû être assez minime, puisque de larges terrains d'alluvionnement manquent ». ¹

Avant d'arriver à l'écluse de Moron, terme que nous avons fixé à ce tronçon, nous rencontrons une première écluse, mais elle se trouve dans un tel état de délabrement qu'il ne vaut pas la peine de s'y arrêter. Par contre, il nous faut indiquer sur la rive droite une formation de tuf assez importante et qui fut même exploitée un certain temps. Elle est due à deux sources qui descendent des ravins situés au-dessous de la côte de l'Éscarpineau et dont les eaux sursaturées de calcaire en abandonnent une partie avant de se mêler à celles du Doubs. Immédiatement après, on rencontre un cône d'éboulis d'un rayon suffisamment grand pour rejeter la rivière sur la rive gauche. C'est là aussi qu'apparaissent dans le lit du Doubs les couches les plus profondes que l'on puisse rencontrer sur notre parcours, ce sont les petits seuils du dogger ² que nous avons déjà indiqués ; la rivière les franchit par des rapides sur une longueur d'environ 100 m. Le lit se rétrécit et le cours d'eau tend à s'encaisser ; la rive française marque déjà un gradin de 1 ou 2 m., taillé dans l'oxfordien et la dalle nacrée. Les couches de ces terrains ont un léger plongement vers le Sud-Ouest, indication qui nous permet de fixer à peu près là le sommet de l'anticlinal. Dès que l'on a dépassé ce point, les eaux sont plus calmes et le Doubs coule de nouveau sur des bancs plus ou moins étendus de graviers et de galets.

¹ BUXTORF, *Das Längenprofil*.

² Affleurements signalés par FAVRE, voir *Flore du Doubs*, coupe 3, mais dont l'emplacement exact nous fut indiqué par le D^r Bühler.

Moron-Entre-Roches. — L'écluse de Moron marque un nouveau palier en amont de la ferme sise sur la rive française, la différence de niveau est de 2 m. à peu près. Le bassin formé par ce barrage est insignifiant et presque entièrement comblé. La profondeur diminue et les eaux s'étalent à mesure que l'on approche de la cluse d'Entre-Roches, le lit est encombré de matériaux éboulés de plus en plus gros et de plus en plus nombreux. A l'extrémité supérieure de la demi-boucle décrite par le Doubs, se trouve la cluse d'Entre-Roches, qui fait pendant à celle du Châtelot. Nous avons donc sur un trajet de 2 1/2 km., deux cluses, l'une à l'entrée, l'autre à la sortie du cirque de Moron. Ce sont deux coupes naturelles parallèles à travers le flanc Nord-Ouest de l'anticlinal des Planchettes. A Entre-Roches, les couches de kiméridgien et de séquanien sont redressées suivant le même angle et apparaissent dans la même position qu'au Châtelot. Par contre, l'axe de l'anticlinal s'élève rapidement sur la rive gauche, tandis qu'il est presque horizontal sur la rive droite, si bien que nous n'avons pas ici, comme au Châtelot, un ensellement proprement dit. Cette différence de structure semble avoir influencé passablement l'évolution de ces deux cluses. ¹ L'une, celle du Châtelot, donne un profil parfaitement symétrique de haut en bas, l'autre, au contraire, donne un profil asymétrique dans sa partie supérieure. Le versant suisse marque une inclinaison de 40° environ au-dessus du chemin et de 75° au-dessous ; le versant français, lui, marque 75° sur toute la longueur de sa pente. La cluse est exactement située dans l'angle suivant lequel l'axe du pli se relève et forme un dôme structural qui, à l'origine, devait être le point culminant de l'anticlinal des Planchettes ; en lieu et place nous trouvons aujourd'hui le cirque de Moron. Le crêt du Châtelard témoigne encore suffisamment de l'ancien état de choses pour nous montrer là bien nettement un phénomène d'inversion du relief des plus intéressant et sur lequel nous reviendrons dans la suite.

A Entre-Roches, la rive droite forme un éperon qui pénètre dans la concavité dessinée par le coude du Doubs. Son extrémité est en saillie à cause de l'affleurement des couches redressées du séquanien, il tombe à pic dans la rivière qu'il domine d'une cinquantaine de mètres. Le chemin qui conduit au Saut du Doubs traverse cet éperon à l'altitude de 722 m. par un petit défilé où l'on peut voir en contact le séquanien et l'argovien, le Doubs court un peu plus bas à 680 m. d'altitude. A l'intérieur du contour et au-dessus du chemin, le versant suisse est modelé dans les calcaires marneux de l'argovien, il s'infléchit doucement jusqu'au pied des escarpements du kiméridgien et fait suite aux pentes du même niveau rencontrées déjà dans le cirque de Moron. Avant d'aller plus en amont, notons encore que la cluse d'Entre-Roches est beaucoup plus courte, mais tout aussi encaissée, du moins dans sa partie inférieure, que la précédente. Enfin, si nous comparons ces deux cluses à celle de Biaufond, nous pouvons remarquer que celles-là sont caractéristiques d'un stade de jeunesse, tandis que l'autre est déjà plus évoluée. Nous avons ici deux gorges étroites serrées entre des parois verticales qui ne laissent

¹ Comparer les deux figures 5 et 7.

entre elles qu'un espace de quelques mètres. La rivière les franchit en torrent sur un lit de roche nue ou un fond de gros éboulis, les forces vives de l'érosion s'y font sentir avec intensité. A Biaufond, au contraire, le Doubs coule paresseusement sur une épaisse couche d'alluvions, dans une vallée large de deux à trois cents mètres.

Entre-Roches-Saut du Doubs. — Après avoir passé la cluse d'Entre-Roches, nous nous trouvons sur la bordure extérieure Sud du synclinal du Pissoux et, en remontant la vallée, nous prenons la direction du Sud-Ouest. Sur ce tronçon, long d'un km. à peu près, le Doubs accentue ses rapides dans un thalweg séquanien très étroit et encombré de blocs de toutes dimensions. Sa pente moyenne est de 3,5 %, indication d'une activité particulièrement forte de l'érosion, la plus forte que nous ayons à enregistrer sur tout le parcours entre Biaufond et les Brenets. Cette pente, d'ailleurs, peut se décomposer en deux segments d'égale longueur ; elle est un peu plus faible en aval de l'usine de la Roche et un peu plus forte en amont. A la Roche nous trouvons le dernier barrage artificiel de la région, il sert à capter une partie des eaux au profit d'un laminoir encore en activité sur la rive droite. La vallée, très encaissée dans sa partie inférieure, devient asymétrique à partir d'une quarantaine de mètres au-dessus de la rivière. Le versant français a une pente régulière presque verticale taillée dans les bancs du portlandien, du kiméridgien et du séquanien qui marquent un léger plongement Nord-Ouest, c'est-à-dire vers l'intérieur du synclinal dont ils constituent le fond. Le versant suisse, par contre, s'écarte rapidement à partir d'une certaine hauteur, déterminée à peu près par la route qui relie le Saut du Doubs à Moron, et provoque ainsi un élargissement considérable de la vallée.

Chute du Doubs-Auberge du Saut. — En parcourant le tronçon précédent, nous sommes arrivés au pied de la chute où nous nous trouvons en face d'un seuil rocheux que la rivière franchit d'un saut de 27 m. de haut, le niveau supérieur est à 742 m. et le niveau inférieur à 715 m. Le rocher a subi au pied de la chute un surcreusement de 13 m. ¹ au-dessous du niveau inférieur, ce qui porte à 40 m. la différence de niveau entre le fond des deux lits en ce point. Le gouffre qui en résulte constitue une gigantesque marmite de 15-20 m. de diamètre, creusée selon toute apparence dans la roche en place. La cause de l'accident important qui survient dans notre profil à cet endroit est due à un formidable éboulement qui, à un moment donné, obstrua complètement la vallée sur une distance de 900 m. au moins. Nous reviendrons plus tard à cet éboulement sur les conditions duquel les géographes et surtout les géologues qui s'en sont occupés ne sont pas d'accord.

Du haut de la chute jusqu'à l'entrée des Bassins du Doubs à l'Auberge du Saut, le lit de la rivière n'est plus guère qu'un chenal utilisé par les eaux pour évacuer le trop-plein du lac des Brenets. Encombré d'éboulis

¹ Voir le profil établi par les services du BUREAU HYDROMÉTRIQUE FÉDÉRAL et publié dans *Le Développement de l'hydrométrie en Suisse* (1910).

parmi lesquels les gros blocs sont les plus nombreux, ce chenal passe à travers l'énorme masse de matériaux rapportés qui constituent un barrage naturel, la roche en place, le séquanien d'après Rollier, n'apparaît sous ces matériaux en désordre que peu avant la chute du Doubs. Complètement à sec durant plusieurs mois de l'année, il est occupé par des eaux torrentielles au moment des crues. Une bonne partie de l'écoulement du lac se fait sous le barrage par infiltration. A l'étiage, on peut voir l'eau sourdre dans le lit même de la rivière à 200 m. environ en amont de la chute. D'autres sources plus ou moins permanentes débouchent en aval, depuis la chute jusqu'à la cluse d'Entre-Roches. Nous en ferons le détail à propos du régime des eaux.

Bassins du Doubs et Lac des Brenets. — C'est le dernier tronçon qu'il nous reste à parcourir, c'est aussi l'un des plus intéressants, il diffère complètement de tous ceux que nous avons vus jusqu'ici. Par suite du barrage que nous venons de franchir, les eaux se sont accumulées derrière lui et ont noyé le fond de l'ancienne vallée. Nous avons là un lac réservoir dont la longueur atteint 3 km. et dont la largeur, à peu près toujours égale, est d'environ 200 m. La profondeur du lac va en diminuant de l'aval vers l'amont, elle atteint son maximum au Cul de la Conche, au fond d'un entonnoir à 31 m. au-dessous du niveau moyen, lequel est à peu près définitivement fixé à la cote de 752 m. en chiffre rond (Schardt donne 752,8 et la Carte Siegfried 752,4) ; le minimum se trouve par 3 m. 70 au-dessous du même niveau au golfe des Pargots. La surface de la nappe liquide est évaluée à 58 ha. et le volume d'eau mis en réserve à 5651000 m³, toujours relativement au niveau moyen.¹

Avant de poursuivre plus en détail l'étude de ce fond de vallée, notons, dès maintenant, une particularité très importante de ce tronçon. Le Doubs, sur ce parcours, coule du Sud au Nord, il attaque à sa naissance l'anticlinal secondaire des Planchettes et se taille à travers les couches encore sensiblement horizontales du portlandien et du kiméridgien une série de méandres encaissés pour passer du synclinal de Villers-le-Lac dans celui du Pissoux. Ces sinuosités, à cette place, font songer tout naturellement à une surimposition du cycle actuel à un cycle antérieur. Nous nous contentons de le signaler ici avant de reprendre le problème dans un autre chapitre.

On peut diviser le lac des Brenets en deux parties, à savoir : le lac proprement dit qui n'est en somme qu'un élargissement du Doubs dans la plaine alluviale de Villers où les rives sont plates ou en pente douce, et les Bassins du Doubs qui comprennent les méandres encaissés entre des parois de rochers verticales. C'est la division consacrée par le langage local ; Schardt, tout en adoptant les mêmes limites, propose de distinguer simplement la partie peu profonde et la partie profonde, de préférence aux termes de lac et de bassin. « Au point de vue géographique, dit-il, une

¹ Ces chiffres sont indiqués par SCHARDT dans sa *Note sur l'origine du lac des Brenets*. Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXXI, 1902-03, et dans le complément à cette note, *Le lac des Brenets et les Bassins du Doubs en 1906*. Même Bull., t. XXXVII, 1909-10, p. 310 et suivantes.

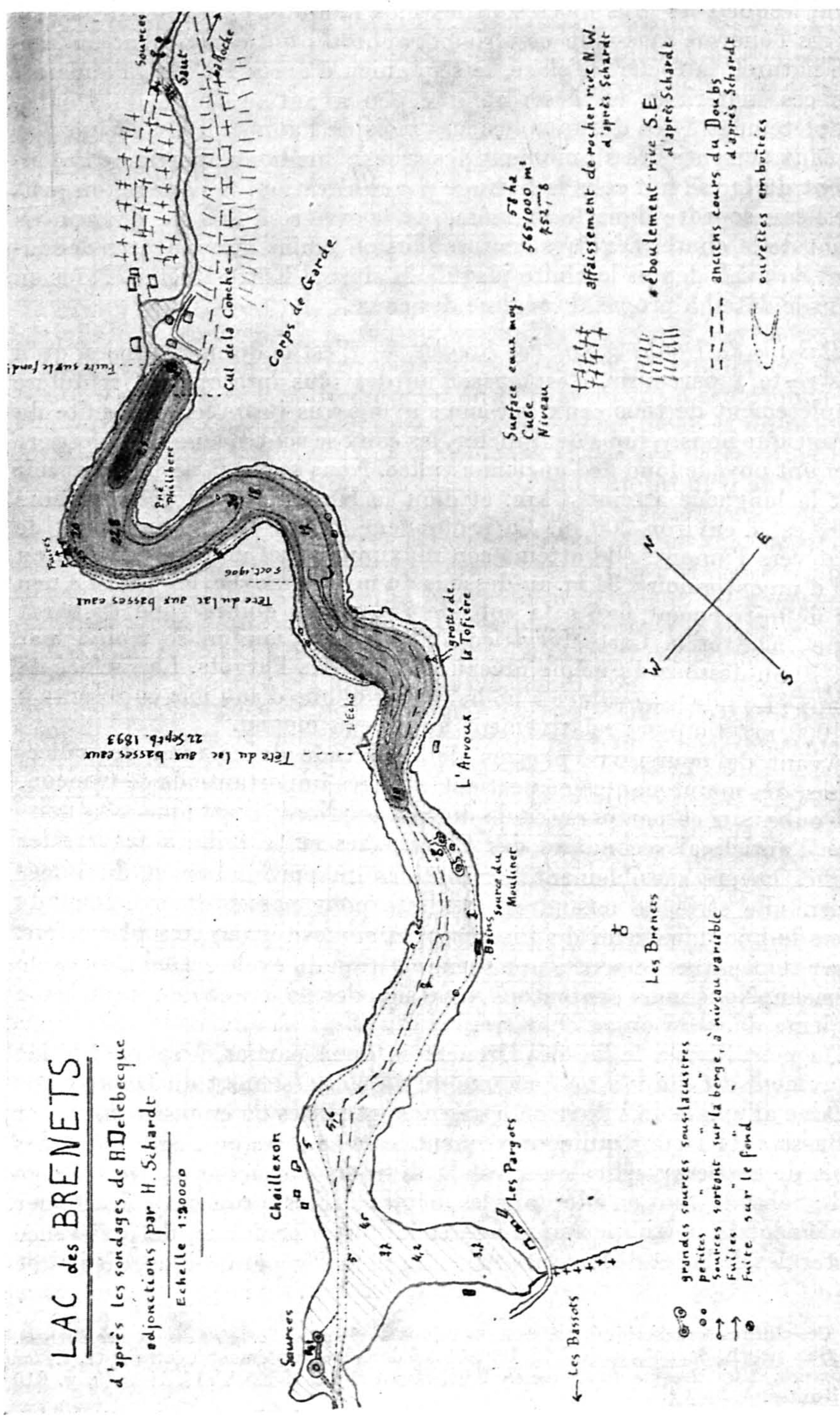


FIG. 8 — Carte relevée par l'auteur et réduite au 1 : 20 000 d'après la carte de Scharde au 1 : 10 000 publiée dans le Bull. Soc. neuc. Sc. nat., t. XXXI 1902-03 et t. XXXVII 1909-10.

telle distinction n'a pas de raison, car les deux parties sont formées par la même nappe d'eau. »¹

Bien que la nomenclature admise par l'usage courant puisse fort bien se soutenir, même au point de vue géographique, nous nommerons avec Schardt lac des Brenets tout l'ensemble du bassin réservoir, de l'auberge du Saut jusqu'à Chaillexon.

Les sinuosités du Doubs en cet endroit forment une série de six courbes. Les cinq premières à partir du Saut du Doubs constituent la partie profonde, tandis que la dernière, à elle seule, constitue la partie peu profonde.

La configuration du relief sous-lacustre consiste en une suite de cuvettes à fond plat et emboîtées les unes dans les autres. Des levés de précision effectués en 1906, lors d'une baisse extraordinaire du Doubs par le Bureau hydrographique suisse, ont permis de vérifier en les complétant les sondages antérieurs et d'établir la topographie du fond du lac. Dans les nouvelles éditions de la Carte Siegfried, les diverses profondeurs sont figurées en courbes de niveau.

La première cuvette est circonscrite par la courbe de — 25 par rapport au niveau moyen,² elle n'est pas très développée, car elle n'atteint pas le premier méandre, nous avons déjà dit que son point le plus profond était au Cul de la Couche à — 31 m.

La deuxième cuvette, limitée par la courbe de — 20, arrive tout près du rocher de la Vierge, c'est-à-dire presque au sommet du deuxième méandre.

La troisième, circonscrite par la courbe de — 15 m., atteint le troisième méandre au rocher de Louis-Philippe.

La quatrième et dernière cuvette est enfermée dans la courbe de — 10 m. dont le sommet passe à l'Arvoux.

Nous entrons ensuite dans la partie peu profonde et passons successivement par — 8, — 7, — 5, et — 3,7 dans le petit bassin des Pargots, mais nous trouvons encore deux points bas aux sources de Chaillexon, lesquelles viennent sortir dans le lit même du Doubs au fond d'entonnoirs à — 14 m. de profondeur.

Le passage d'une cuvette à l'autre se fait insensiblement sur une couche de limon, du moins dans le sens longitudinal. L'épaisseur de cette couche augmente d'aval en amont, Schardt lui attribue une valeur de 4 m. 60 au moins près du Saut et de 10 m. 10 près de Chaillexon, il se base pour cela sur la profondeur des entonnoirs vis-à-vis des bas-fonds environnants.

A ces alluvions fines viennent se mêler des matériaux plus grossiers, ils forment de petits cônes au pied des couloirs d'éboulis et sont généralement entièrement recouverts par les eaux. Ces couloirs sont l'amorce de ravins et de petites combes qui se dessinent sur une faille ou un décrochement généralement peu importants.

¹ SCHARDT, *Note complémentaire*. Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXXVII.

² Voir ci-contre la *Carte du Lac des Brenets* dressée par SCHARDT au 1 : 10 000 en 1902, complétée en 1906, dans le Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXXI et XXXVII (fig. 8).

Les déchets d'érosion charriés par le Doubs en amont du lac des Brenets n'arrivent pas, pour la plupart, jusqu'à lui. Les sables et les graviers sont déposés bien avant, entre Morteau et Villers-le-Lac, seules les particules très légères peuvent rester en suspension dans l'eau au delà et se déposer dans le lac, car le Doubs n'a déjà presque plus de courant un kilomètre avant d'atteindre Chaillexon.

Sur les bords du bassin, le passage d'une cuvette à l'autre se fait en escaliers, avant d'atteindre le fond la sonde rencontre des gradins dus à des affleurements de roche plus dure et leur forme est identique à celle des corniches qui surplombent le cañon lui-même. Ces paliers servent ordinairement de supports aux débris détachés des versants mélangés aux limons provenant de la décantation des eaux du lac.

Toute cette morphologie sous-lacustre peut être étudiée à l'occasion d'une baisse extraordinaire des eaux, on a pu le faire avec une facilité particulière lors de la grande sécheresse de 1906. On possède, grâce aux travaux entrepris à ce moment-là par le Bureau hydrométrique fédéral, une série de clichés des Bassins du Doubs aux basses eaux du plus haut intérêt. ¹

Profil actuel et profil d'équilibre. ²

Si, après avoir détaillé le cours du Doubs pour ainsi dire pas à pas en remontant la vallée de Biaufond aux Brenets, nous jetons sur son profil un coup d'œil d'ensemble, nous remarquons qu'il peut être divisé en trois segments absolument distincts : deux bassins d'accumulation et d'alluvionnement, avec, entre eux, une zone importante d'érosion intense.

I. Le bassin compris entre Biaufond et le Moulin de la Chaux qui constitue le niveau de base local du parcours que nous étudions. Nous faisons abstraction du petit barrage de La Rasse qui, actuellement subdivise encore ce niveau en deux paliers secondaires, mais qui est destiné à disparaître dans un temps relativement court. Entièrement comblé aujourd'hui, ce bassin doit avoir eu autrefois un plafond plus élevé si l'on en juge par l'importance du barrage qui l'a formé. Par contre, l'épaisseur de la couche d'alluvions déposée sur le fond de l'ancienne vallée ne doit jamais avoir dépassé le niveau actuel du Doubs, car on ne trouve là aucune terrasse qui puisse témoigner d'un abaissement du lit au-dessous du niveau de ses propres dépôts, mais l'alluvionnement semble bien avoir atteint son maximum, puisque les matériaux rapportés constituent les berges de la rivière à cet endroit. Ces matériaux sont dès lors destinés à être remaniés à mesure que le Doubs approfondira davantage l'entaille qu'il s'est pratiquée à travers l'éboulement du Refrain. Nous avons donc là un ancien lac de barrage complètement comblé et actuellement en voie de déblaiement.

¹ Voir photographies publiées dans *Le Développement de l'hydrométrie en Suisse*, en 1910, par le BUREAU HYDROMÉTRIQUE FÉDÉRAL.

² Voir ci-contre notre profil en long (fig. 9).

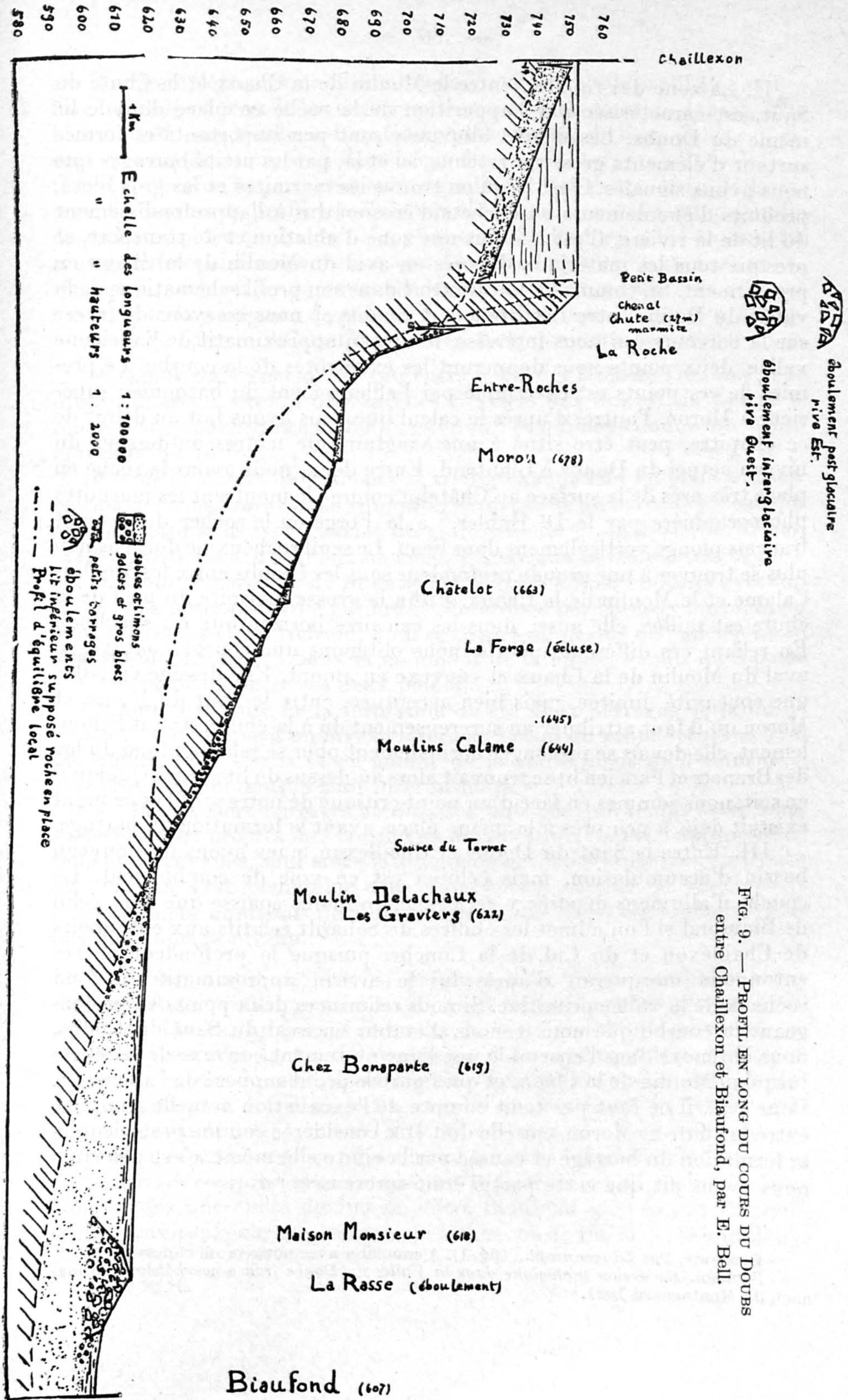


FIG. 9. — PROFIL EN LONG DU COURS DU DOUBS entre Chailloux et Biaufond, par E. Bell.

II. La zone des rapides, entre le Moulin de la Chaux et la Chute du Saut, est caractérisée par l'apparition de la roche en place dans le lit même du Doubs. Les dépôts alluviaux sont peu importants et formés surtout d'éléments grossiers retenus, ici et là, par les petits barrages que nous avons signalés. C'est là qu'on trouve les marmites et les gros blocs, produits d'éboulements ou déchets d'érosion dus à l'approfondissement du lit de la rivière. C'est à la fois une zone d'ablation et de transport, et presque tous les matériaux déposés en aval du Moulin de la Chaux en proviennent. Si, comme l'a fait Buxtorf dans son profil schématique de la vallée du Doubs entre Les Brenets et Soubey,¹ nous essayons de tracer sur le parcours qui nous intéresse, le niveau approximatif de l'ancienne vallée, deux points nous donneront les extrémités de la courbe. Le premier de ces points est déterminé par l'affleurement du bathonien supérieur à Moron, l'autre, d'après le calcul que nous avons fait au début de ce chapitre, peut être situé à une vingtaine de mètres au-dessous du niveau actuel du Doubs à Biaufond. Entre deux, nous avons la roche en place très près de la surface au Châtelot comme le montrent les marmites photographiées par le Dr Bühler,² à la Forge où le rocher du versant français plonge verticalement dans l'eau. Le seuil rocheux ne doit pas non plus se trouver à une grande profondeur sous les éboulis entre les Moulins Calame et le Moulin de la Chaux. Enfin la grosse marmite du pied de la chute est taillée, elle aussi, dans les calcaires horizontaux du synclinal. En reliant ces différents points, nous obtenons une courbe concave en aval du Moulin de la Chaux et convexe en amont. Elle dessine en outre une concavité, limitée, mais bien accentuée, entre le Saut du Doubs et Moron qu'il faut attribuer au surcreusement dû à la chute. Avant l'éboulement, elle devait se prolonger normalement pour se relier au fond du lac des Brenets et l'ancien lit se trouvait alors au-dessus du lit actuel. Quoiqu'il en soit, nous sommes en face d'un point critique de notre profil et ce point existait déjà, à peu près à la même place, avant la formation du barrage.

III. Entre le Saut du Doubs et Chaillexon, nous avons un nouveau bassin d'accumulation, mais celui-ci est en voie de comblement. La couche d'alluvions déposée y est beaucoup moins épaisse que dans celui de Biaufond si l'on admet les chiffres de Schardt relatifs aux entonnoirs de Chaillexon et du Cul de la Conche, puisque la profondeur de ces entonnoirs marquerait d'après lui le niveau approximatif du fond rocheux de la vallée primitive. Si nous relions ces deux points en prolongeant la courbe que nous venons d'établir en aval du Saut du Doubs, nous obtenons dans l'ensemble une ligne nettement convexe des Brenets jusqu'au Moulin de la Chaux et qui figure le profil supposé de l'ancien lit. Pour cela, il ne faut pas tenir compte de l'excavation actuelle comprise entre la chute et Moron, car elle doit être considérée comme postérieure à la formation du barrage et causée par la chute elle-même, c'est pourquoi nous avons dit que cette partie était surcreusée.

¹ BUXTORF, *Das Längenprofil...* (fig. 1). A comparer avec notre profil ci-dessus.

² BÜHLER. *Excursion géologique dans la Vallée du Doubs franco-neuchâtelois*; Almanach du Montagnard 1924.

Pour compléter notre schéma,¹ nous y avons tracé le profil d'équilibre local en rapport avec le lac des Brenets pris comme point de départ, et le bassin de Maison Monsieur-Biaufond comme niveau de base. Nous supposons que ces deux niveaux demeurent dans un état de stabilité relative, tandis qu'évolue la partie du thalweg située entre deux. Ainsi déterminées, les courbes du profil actuel et du profil d'équilibre limitent une lentille de roche en place où doivent s'appliquer toutes les forces de l'érosion. Sa plus grande épaisseur se trouve aux environs du Châtelot, or c'est précisément là, soit sur le parcours de Moron à la Forge que, comme nous l'avons vu, la puissance de travail du cours d'eau se fait le plus sentir.

Au sujet de ces différentes courbes, nous pouvons remarquer :

1° Que la différence de niveau entre le lac des Brenets (752 m.) et le niveau inférieur situé à 620 m. (Les Graviers 622 m.) est de 130 m. à répartir sur une distance de 8 km. environ ; ce qui nous donne une pente moyenne de 16 ‰.

2° Que le Moulin de la Chaux se trouve exactement au point d'intersection des trois courbes, celle du profil actuel, celle du niveau rocheux qui coïncide jusque là avec l'ancien lit, enfin celle du profil d'équilibre local.

3° Que le niveau rocheux ou surface d'érosion se trouve très rapproché sur tout ce parcours du lit actuel et se confond par endroits avec lui.

4° Que notre profil d'équilibre est déterminé par les deux barrages du Saut du Doubs et du Refrain, qu'il se trouve au-dessus de l'ancien lit en aval du Moulin de la Chaux et en amont de la chute, tandis qu'il passe au-dessous de lui entre ces deux points.

5° Que, par suite de la formation de ces deux barrages, le profil de l'ancien lit se trouve à un niveau inférieur à celui du profil actuel en aval du Moulin de la Chaux et en amont de la chute, mais qu'il coïncide à peu près avec lui dans la zone intermédiaire.

6° Que les deux barrages en question ont, pour un temps assez long, suspendu tout progrès de l'érosion en amont et arrêté net l'approfondissement de la vallée, sauf entre le Moulin de la Chaux et le Saut du Doubs où l'érosion s'est poursuivie sans interruption comme en témoigne le surcreusement au-dessus de Moron où le Doubs coule certainement plus bas que l'ancien niveau.

Nous sommes donc bien en présence d'un point particulièrement intéressant du profil que nous étudions et même du profil général de la vallée du Doubs. La partie du cours de cette rivière qui nous occupe représente en effet la moitié supérieure d'une région intermédiaire où s'opère le raccord entre deux bassins importants, celui des Hautes Chaînes en amont de Villers-le-Lac et celui que nous appellerons du Jura-plaine en aval de Soubey, dont l'altitude correspond à l'altitude moyenne de la plaine franc-comtoise adjacente. La moitié inférieure de cette zone de transition comprise entre Soubey et le Refrain est déjà plus évoluée. Nous avons une chute de 100 m. entre Biaufond (600 m.) et Goumois (500 m. environ) pour un parcours de 15 km., ou de 130 m., si l'on prolonge

¹ Voir fig. 9.

la limite jusqu'à Soubey (478 m.), pour un parcours de 30 km., ce qui représente une pente de 7 ‰ dans le premier cas et de 4 ‰ dans le second, pente dont la moyenne maxima n'atteint pas la moitié de celle que nous avons enregistrée entre le Saut du Doubs et le Moulin de la Chaux.¹

En terminant, nous pouvons encore ajouter avec Buxtorf² « qu'en ce lieu la vallée du Doubs change complètement de caractère. Au-dessus des Brenets, le Doubs devient peu à peu un fleuve du Haut Plateau jurassien ; en-dessous du Saut du Doubs il est, par contre, profondément encaissé entre le plateau des Franches-Montagnes et la région Est de la Franche-Comté. Le creusement de la vallée par érosion est beaucoup plus avancé jusqu'au Saut du Doubs qu'en dessous du lac des Brenets. Ceci provient du fait que, dans la région du Saut du Doubs, la rivière a accompli deux fois le même travail. En effet, à peine le lit était-il creusé qu'une paroi s'effondrait et la rivière devait recommencer son travail.

« Ces divers effondrements sont facilement compréhensibles si l'on se rend compte qu'ils se produisaient presque tous dans la région où la courbe changeait, c'est-à-dire là où la force d'érosion devait être la plus forte. Le barrage du Saut du Doubs a donc une grande signification dans la formation de la vallée. »

Pour nous résumer, constatons que dans la zone à laquelle se limite notre étude, un profil d'équilibre local est en train de s'établir et qu'il est même près d'être atteint. Nous pouvons même dire que c'est chose faite pour toute la moitié située en aval du Moulin de la Chaux et que, dans cette partie, l'approfondissement de la vallée doit être considéré comme momentanément terminé. Par conséquent, l'effort de l'érosion doit s'appliquer désormais à la rotation des versants. Quant à la deuxième moitié, située en amont du même point, la phase d'approfondissement domine encore l'autre et l'évolution des versants est à peine amorcée. C'est en effet la partie la plus encaissée, le cirque de Moron mis à part, car les conditions y sont particulières, pour ne pas dire anormales, par rapport à l'ensemble du cours du Doubs entre le Saut et Biaufond.

Régime des eaux.

Différences de débits et différences de niveaux.

La première remarque à faire au sujet du régime du Doubs, c'est qu'il est très irrégulier. Il suffit, pour s'en rendre compte, de feuilleter les graphiques publiés chaque année par le Bureau hydrographique fédéral. Nous avons pour notre part construit les quelques courbes jugées indispensables à notre étude en nous basant sur les observations de ce service officiel.³

¹ Voir le profil en long du Doubs franco-suisse par Jacot Guillarmod, reproduit par EMM. DE MARGERIE dans son ouvrage *Le Jura*, vol. I, planche XXVII, p. 414.

² BUXTORF, *Das Längenprofil...*

³ Les chiffres qui nous ont servi à établir les graphiques ci-contre ont tous été pris dans l'*Annuaire hydrographique de la Suisse*, principalement dans les numéros relatifs aux années 1906 et 1927, et dans la publication spéciale qui a paru en 1910 sous le titre : *Le développement de l'hydrométrie en Suisse*. Voir graphiques, fig. 10.

Notons tout d'abord l'étendue approximative du bassin de réception des eaux drainées par le Doubs dans son parcours entre Les Brenets et Biaufond. ¹

Le bassin de réception est estimé :

aux Brenets à.....	901,26 km ²
au Châtelot à.....	910,67 »
à Biaufond à	947,99 »

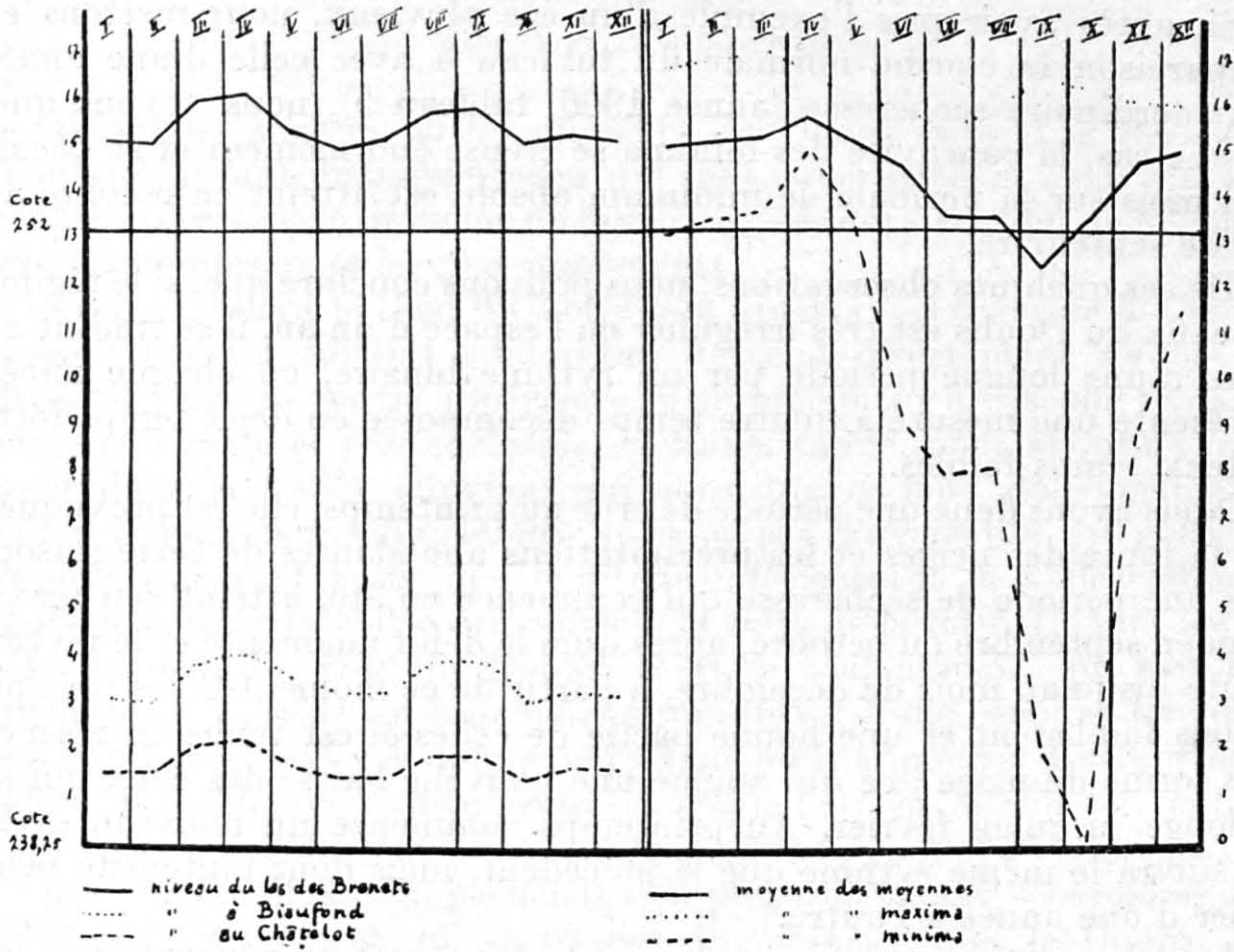
Comme base de comparaison, nous prendrons une moyenne résultant d'une assez longue période d'observation ; or, nous avons deux courbes pouvant servir à cet usage. ² La première est celle du tableau 1 où figure la moyenne mensuelle normale du débit au Châtelot en litres seconde par km² du bassin de réception. Cette courbe nous donne deux maxima inégalement hauts et deux minima inégalement bas. Nous avons donc deux périodes de crue : l'une en mars, avril et mai, au moment de la fonte des neiges, laquelle atteint son maximum en avril ; l'autre, à la fois plus courte et plus faible, se place en novembre et décembre avec son maximum en décembre. Nous avons aussi deux périodes de sécheresse : l'une, la plus importante par sa durée et son faible débit, va de juin à octobre avec son minimum en août, l'autre, beaucoup plus courte et dont le débit correspond plutôt à un débit moyen, atteint son minimum en février. Cette baisse est assez faible, comparée à celle d'été, mais elle se signale comme intermédiaire entre deux périodes de crue. L'amplitude de cette courbe moyenne représente une variation de 26 l. sec. par km², mais la courbe correspondante en 1927 marquait une variation de 46 l. sec. par km².

La deuxième courbe qui doit nous servir de base pour déterminer le régime des eaux est celle du tableau 4. Elle représente les niveaux moyens mensuels du lac des Brenets pour la période de 1893-1906. La forme générale de cette courbe (la moyenne des moyennes) coïncide, à peu de chose près, avec la précédente. Nous avons aussi deux points hauts et deux points bas. Le niveau moyen maximum est atteint en avril et le niveau moyen minimum en septembre ; en outre, nous avons une baisse plus prononcée en janvier et février, et une hausse qui n'atteint pas le maximum en décembre, tout comme la courbe des débits. L'amplitude de cette courbe moyenne est de 3 m. environ, mais celle qui figure entre le maximum et le minimum moyen pour une période de treize ans est de 17 m., et elle fut même dépassée de 1 m. en 1906.

Si nous comparons maintenant ces courbes dites normales, puisqu'elles sont des moyennes et qu'elles portent sur une période d'observation assez longue, aux courbes traduisant des cas extrêmes d'irrégularité, nous verrons que ces dernières ne font en somme qu'accentuer les maxima et minima de la norme, les décalant parfois d'un mois ou deux, mais sans modifier leur nombre ou leur ordre de succession. Nous trouvons en effet partout deux points hauts et deux points bas.

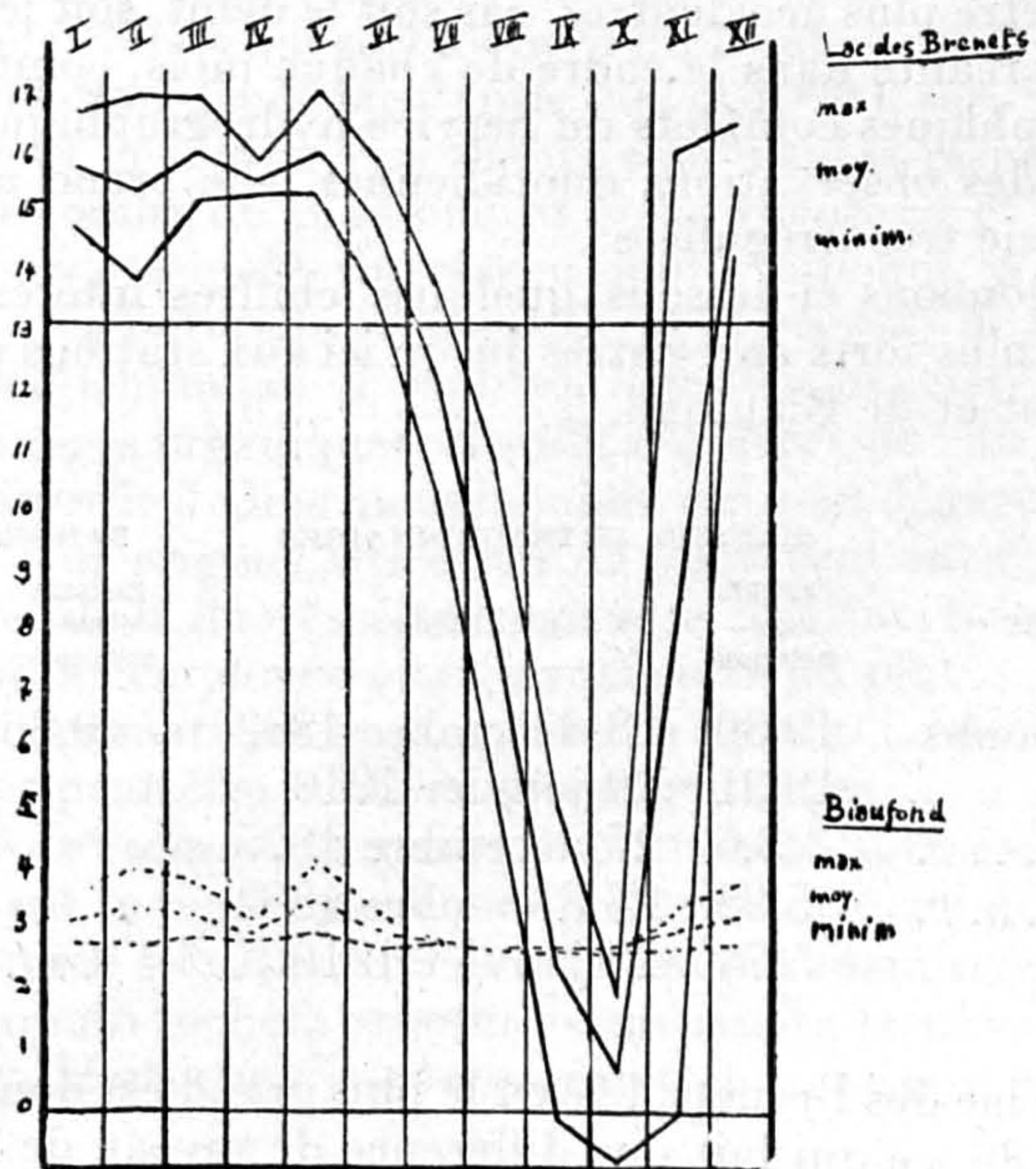
¹ *Annuaire hydrographique* pour 1927.

² Voir graphiques, fig. 10.



3. Niveaux mensuels moyens du Doubs au lac des Brenets, à Biaufond et au Châtelot en 1927.

4. Niveaux mensuels moyens du lac des Brenets pour la période de 1893-1906.



5. Niveaux mensuels en 1906 au lac des Brenets et à Biaufond.

Si, après avoir pris l'exemple d'un été pluvieux, nous mettons en comparaison la courbe normale du tableau 4 avec celle d'une année d'extraordinaire sécheresse (année 1906, tableau 5), nous voyons que, dans ce cas, la concavité des minima se creuse énormément et se décale d'un mois sur la normale, le minimum absolu est atteint en octobre au lieu de septembre.

De ces quelques observations, nous pouvons conclure que, si le régime des eaux du Doubs est très irrégulier en l'espace d'un an, il se traduit au cours d'une longue période par un rythme binaire, où chaque année représente une mesure à quatre temps décomposée en deux temps forts et deux temps faibles.

Nous avons donc une période de crue au printemps, elle est provoquée par la fonte des neiges et les précipitations abondantes de cette saison, puis une période de sécheresse qui commence en été, atteint son maximum en septembre ou octobre, après quoi le débit augmente et le niveau monte jusqu'au mois de décembre, à partir de ce moment-là les précipitations faiblissent et une bonne partie de celles-ci est tenue en réserve sous forme de neige ; ce qui amène une nouvelle baisse des eaux qui se prolonge jusqu'en février. Au printemps commence un nouveau cycle qui suivra le même rythme que le précédent, mais dont l'intensité peut varier d'une année à l'autre.

Les observations que nous venons de faire sont en rapport avec les graphiques de la figure 10 et ces graphiques eux-mêmes sont établis sur les moyennes mensuelles publiées par le Bureau hydrographique fédéral. Enfin, il nous faut remarquer que, dans le détail, nos courbes devraient être plus accidentées, car soit le débit, soit le niveau du Doubs, varient en réalité dans le cadre de chaque mois, comme on peut le voir sur les graphiques complets du Service hydrographique fédéral où figure la courbe des observations quotidiennes, elle prend alors une allure en dents de scie très irrégulière.

Nous donnons ci-dessous quelques chiffres intéressants relatifs aux écarts les plus forts enregistrés jusqu'ici aux stations du Saut du Doubs, du Châtelot et de Biaufond. ¹

Stations	HAUSSES EXTRAORDINAIRES		BAISSES EXTRAORDINAIRES	
	Hauteurs limni- métriques	Dates	Hauteurs limni- métriques	Dates
Saut du Doubs	19,39	28 décembre 1882	— 0,86	5 octobre 1906
	19,31	20 janvier 1910		
Châtelot	3,6	27 décembre 1925		
Biaufond	5,98	28 décembre 1882	1 m.	17 août 1923
	5,74	20 janvier 1910		

Pour le lac des Brenets, l'écart le plus grand est donc entre + 19 m. 39 et — 0 m. 86, ce qui fait une différence de niveau de 20 m. 25.

¹ Voir *Annuaire hydrographique de la Suisse* pour 1927.

Les sources affluentes.

Parmi les sources ou les affluents du Doubs entre Les Brenets et Biaufond, il faut distinguer ceux qui sont superficiels et ceux qui viennent sourdre dans le lit même de la rivière ; ces derniers sont de beaucoup les plus nombreux et les plus importants.

Citons d'abord le Bied du Locle qui, après avoir traversé le Col-des-Roches par un conduit souterrain, descend directement au lac des Brenets. Dans sa partie supérieure, il se précipite en cascade dans une gorge très raide et très encaissée, la Rançonnière, pour aboutir rapidement dans la vallée alluviale qui constitue le fond du synclinal de Villers-le-Lac. Son embouchure se trouve à l'extrémité du golfe des Pargots qui n'est autre que la partie inférieure de la vallée affluente ennoyée comme la vallée principale à la suite de la formation du lac par l'éboulement du Saut du Doubs. C'est le seul affluent qui soit bien apparent et possède un écoulement superficiel d'une certaine longueur. Son débit n'est pas très important, bien qu'il alimente, à sa sortie du vallon du Locle, une petite usine électrique laquelle, d'ailleurs, ne fonctionne pas régulièrement par suite du régime torrentiel du ruisseau.

Les autres affluents superficiels sont plutôt des sources bordières d'un débit très variable et qui se jettent directement dans le Doubs. Une courte distance sépare leur tête de leur embouchure. C'est même le cas de la Ronde, si l'on fait abstraction de son cours souterrain pour ne considérer que sa sortie au jour au fond de la vallée. Cette source est certainement la plus importante, elle a plusieurs orifices dont le principal est celui de la Grande Ronde qui sort au bord du Doubs entre le pont et le hameau de Biaufond. Son débit varie entre 200 et 1000 l. sec. ¹ La source de la Petite Ronde et la source aux Dames sont situées respectivement à l'ouverture de la combe de Biaufond et entre Biaufond et La Rasse. Toutes ces sources participent du réseau souterrain qui, à partir du Valanvron, sert de voie naturelle à l'écoulement des égouts de La Chaux-de-Fonds. L'analyse chimique a montré leur teneur très élevée en ammoniacale et matières organiques. Il suffit d'ailleurs de voir la couleur de leurs eaux et de sentir l'odeur nauséabonde qui s'en dégage pour être tout à fait fixé sur leur origine. Des essais de coloration ont été faits par Schardt en 1909 avec de la fluorescéine, mais sans résultat. Il suppose que la quantité de colorant employée était insuffisante ou plutôt qu'elle fut détruite au contact des matières organiques des égouts. Le débit total de ce groupe de sources peut être évalué à plusieurs m³ sec.

Outre ce groupe de trois sources assez rapprochées, il en existe encore deux autres. L'une est indiquée par Schardt sur la carte qui accompagne son étude, elle est située à la Rasse. L'autre n'est pas mentionnée par lui, elle sort d'une fissure du rocher, presque au niveau du Doubs, un peu en amont de la Maison Monsieur. Sa communication avec le même réseau

¹ SCHARDT, *Le cours souterrain de la Ronde*. Bull. Soc. neuch. Sc. nat., t. XXXVII, p. 364.

souterrain ne fait aucun doute, car l'eau qu'elle débite est de même nature que celle des sources d'aval. Elle contient, en effet, une forte dose de matières organiques qui doivent provenir de l'égout collecteur de La Chaux-de-Fonds.

Les relations qu'ont entre elles les nombreuses sources essayées le long du Doubs, sur un parcours de 3 km. environ, nous permettent d'envisager que la circulation souterraine des eaux sous le plateau du Valanvron est très importante et qu'elle doit être alimentée, non seulement par le débit de la Ronde, qui vient de La Chaux-de-Fonds, augmenté de l'égout de cette ville, mais encore par le drainage de toutes les infiltrations du champ collecteur situé au-dessus et qui doit s'étendre au delà des limites du plateau du Valanvron. Schardt suppose même qu'il pourrait y avoir communication entre ce réseau et les sources du val de Saint-Imier. L'allure tourmentée du sous-sol et la grande faille de la Ferrière autorisent cette hypothèse. Le débit du ruisseau primitif de la Ronde est évalué à 150-200 litres-minute. Sa disparition de la surface paraît assez récente ; la pente générale de la combe du Valanvron et de celle de Biaufond qui lui servirent de lit, se relie normalement au niveau actuel de la vallée du Doubs. « Le ruisseau superficiel se perdait sous terre en amont de la combe du Valanvron après avoir serpenté sur le fond marécageux du vallon. Augmenté des eaux pluviales temporaires, il était assez volumineux pour mettre en activité deux usines, une scierie et le Moulin de la Ronde dont les roues motrices étaient placées dans des excavations souterraines à cause de la chute nécessaire. Cette installation est citée dès 1665. »¹ Au XIX^e siècle, le ruisseau fut en grande partie canalisé lors de la construction de l'égout collecteur.

D'autres sources à écoulement superficiel viennent apporter leur appoint à la rivière entre Maison Monsieur et le Saut du Doubs. Citons d'abord deux torrents temporaires qui descendent la combe de la Greffière et celle de la Sombaille. Ils aboutissent l'un chez Bonaparte, l'autre aux Graviers. Ils doivent avoir eu autrefois un débit plus régulier, à juger par les dimensions des ravins qu'ils ont engendrés. Comme la Ronde, ils se seront probablement enterrés et les eaux de pluie des plateaux des Joux-Derrière et des Bulles ont très probablement trouvé sous l'emplacement de ces combes une voie d'écoulement souterraine. Leur résurgence, s'il y en a une, doit se faire dans le lit même du Doubs. Entre deux, nous rencontrons trois ou quatre filets, plus ou moins permanents, issus des ravins de la côte suisse. A partir des Graviers, il nous faut aller jusqu'au Torret pour trouver une source importante ; cette source, dont le débit est très variable, mais qui peut atteindre plusieurs centaines de litres à la minute, est temporaire ; elle ne donne qu'à la fonte des neiges ou à l'occasion de grandes pluies, elle demeure à peu près à sec tout le reste du temps.

D'après les renseignements qui nous furent donnés par M. Haldimann, pasteur aux Planchettes, on serait tenté de mettre cette source en relation avec une combe assez bien dessinée qui monte des bords du Doubs et

¹ SCHARDT, *Le cours souterrain de la Ronde.*

à travers un gradin de confluence situé à l'endroit nommé Sur la Roche s'en va jusqu'au-dessus des Planchettes. Là se trouverait, entre le sentier qui monte à Pouillerel et la route cantonale, une excavation importante que l'on aurait découverte lors de la construction de cette route. L'orifice de cette caverne, artificiellement pratiqué et par hasard au cours des travaux, aurait été ensuite soigneusement refermé et dissimulé par crainte d'accident. Il devrait se trouver à proximité d'une carrière sise au bord de la route et actuellement abandonnée. Malgré les informations que nous avons prises à ce sujet, il nous fut impossible de déterminer son emplacement exact et par conséquent de vérifier son existence. ¹

A Moron, deux sources permanentes descendent des escarpements au milieu du cirque, elles sont très riches en calcaire, puisqu'elles provoquent la formation de tuf que nous avons déjà signalée. Remarquons que, jusqu'ici, toutes les sources énumérées proviennent du versant suisse, plus en amont elles se trouveront de préférence au pied du versant français.

A Entre-Roches, nous trouvons sur la rive gauche un groupe de trois sources sortant du rocher un peu au-dessus du niveau du Doubs, puis un nouveau groupe de deux à 200 m. du défilé, et, au-dessus du barrage de La Roche, un dernier groupe de quatre sources sur la rive gauche et, 100 m. en amont, deux sources sur la rive droite, près de la petite chute. Enfin, une dernière source isolée se jette dans le bassin au pied de la grande chute, face à la vallée inférieure. Toutes les sources qui apparaissent sur ce tronçon proviennent de fuites du lac des Brenets. ²

Avant de passer aux sources sous-lacustres des Bassins du Doubs et du lac des Brenets, notons encore deux sources qui débouchent au niveau du lac du côté suisse. L'une, celle du Moulinet, jaillit d'une fente du rocher « et son point d'émergence s'abaisse avec le niveau du lac. Elle était bien visible le 13 septembre 1906 et donnait encore 10-15 l. d'eau à la minute ». ³ L'autre est une source supposée qui ne donnerait qu'au moment des hautes eaux, elle est située à la grotte de la Toffière. Schardt, qui l'a observée, n'y a pas trouvé le moindre filet d'eau en 1906. Mais elle a dû fonctionner dans le passé, la grotte actuelle en est le témoignage évident. Cette grotte est submergée en temps de crue par les eaux du lac, ce qui empêche d'observer son émission probable à ce moment-là. Schardt suppose, en effet, qu'elle fonctionne encore comme trop-plein des sources sous-lacustres voisines.

Passons enfin à la description des sources dont l'embouchure se trouve ordinairement immergée dans le lac des Brenets. Schardt en a fait une étude complète et détaillée à la faveur de circonstances exceptionnellement favorables au cours de la grande sécheresse de 1906. Le niveau du lac se trouvait alors au point le plus bas que l'on ait enregistré

¹ D'après ce qui nous a été rapporté, la route cantonale passerait sur la caverne en question et l'on aurait même construit à cet endroit une voûte pour assurer la solidité de cette route. Il serait intéressant de pouvoir consulter les rapports des travaux qui ont été faits à cette époque pour voir s'il y est fait mention de la chose.

² *Le Développement de l'hydrométrie en Suisse.*

³ SCHARDT, *Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906.*

jusqu'ici. La sécheresse précédente, celle de 1893, n'avait pas été aussi accentuée. Nous nous contenterons de donner ici un bref résumé de cette étude et d'en indiquer les résultats principaux en renvoyant le lecteur à l'étude elle-même pour complément d'information. ¹

A la suite de ses observations, Schardt a relevé dix sources, ou groupes de sources sous-lacustres. Signalons celles de Chaillexon et celles de l'Arvoux parmi les groupes les plus importants.

Le groupe de Chaillexon se trouve dans un petit golfe sur la rive française, à l'entrée du Doubs dans le lac. Il comprend trois entonnoirs dont l'un mesure 32 m. de diamètre et fut découvert par M. A. Magnin, professeur à Besançon, les deux autres, beaucoup plus petits, sont situés à 24 m. à l'Est du premier et à 6 m. de distance l'un de l'autre, leur diamètre est de 4 et 6 m. Ces derniers doivent tarir bien avant leur émer-sion, car, en 1906, aucun chenal ne les reliait à la rivière. Il n'en était pas de même par contre du grand entonnoir qui, le 11 août 1906, contenait encore de l'eau stagnante et qui était relié au Doubs par un chenal dans la vase ayant jusqu'à un mètre de profondeur, mais alors complètement à sec, ce qui indique que la source jaillissant du fond avait dû couler encore un certain temps après son émer-sion. La profondeur de ces entonnoirs n'a pu être mesurée par Schardt car, suivant ce qu'il dit, la nature vaseuse du sol empêchait de s'en approcher.

Le groupe de l'Arvoux comprend quatre entonnoirs, deux grands, qui mesuraient chacun à peu près 30 m. de diamètre en 1906, et deux petits, de 4 m. de diamètre. Les deux grands seuls fonctionnaient encore lors des observations de Schardt. Le premier en amont avait 4-5 m. de profondeur et communiquait par un couloir avec le Doubs, très proche de lui. Il émergea le 25 août et, le 28, ne donnait déjà plus d'eau. Le second était séparé de l'autre par un talus d'éboulis de 50 m. de longueur, une source en jaillissait à une profondeur de 8 m., et n'a jamais tari durant toute la baisse du Doubs. Le volume d'eau qu'elle débitait est estimé à 423 l. sec. en date du 19 septembre 1906, d'après le jaugeage du Bureau hydrométrique fédéral. Son débit était supérieur à celui du Doubs lui-même qui, à ce moment-là, n'était plus que de 306 l. sec. Les deux petits entonnoirs occupent une situation intermédiaire entre les deux autres, mais ils ne fonctionnaient plus à leur émer-sion. Schardt suppose que ces quatre sources sont alimentées par le même cours souterrain et qu'elles sont toutes en activité quand le niveau du lac est normal. Jaccard avait déjà signalé la première d'entre elles dans un article sur la baisse du Doubs en 1893.

Outre ces deux groupes importants, Schardt en compte encore huit autres qui tous étaient à sec au moment de ses observations et qui présentaient tous les mêmes caractères. Leur tarissement est en relation avec la baisse du lac et il faut l'attribuer, en partie tout au moins et pour certains d'entre eux, au poids de la vase qui, en glissant vers le fond, devait en obstruer les orifices.

¹ SCHARDT, *eodem loco*, p. 310. On se reportera à cette même étude pour ce qui a déjà été dit sur les sources en aval du Saut du Doubs jusqu'à Entre-Roches.

Ainsi donc : « Sans tenir compte de la grotte de la Toffière, dont le caractère de source est incertain, il y aurait dans le lac des Brenets quinze orifices d'affluents sous-lacustres groupés ou isolés. Ils se trouvent tous dans le voisinage du bord, probablement parce que là la couche d'alluvions est moins épaisse. Plusieurs sont même à quelques mètres au-dessus de la partie médiane du bassin ». ¹

Émissaires souterrains.

Dès que le niveau normal du lac des Brenets (752 m.) s'abaisse au-dessous de 750 m., qui est la cote du déversoir, celui-ci cesse de fonctionner, ce qui arrive en général plusieurs fois par an. Il y a alors solution de continuité dans l'écoulement superficiel de la rivière entre la partie en amont et la partie en aval de l'Auberge du Saut. Mais comme le barrage n'est pas étanche du fait qu'il est formé d'éboulis, cette rupture n'est qu'apparente et l'eau du réservoir continue à s'écouler vers l'aval à travers le barrage qui manque d'homogénéité. En effet, comme nous l'avons déjà remarqué, la chute est encore alimentée par des infiltrations souterraines qui viennent sourdre dans le lit même du Doubs 200 m. en amont, à l'endroit même où, d'après toute apparence, la masse éboulée repose sur la roche en place. La chute qui, à ce moment-là, a déjà réduit considérablement son débit, le réduit de plus en plus à mesure que le niveau du lac baisse davantage et elle finit par tarir complètement. Le chenal est alors à sec sur toute sa longueur entre l'Auberge et le Saut du Doubs proprement dit. Il faut, d'après Schardt, un abaissement du niveau du lac de 10 m. environ, le seuil de la chute étant à 739 m. 70, pour qu'elle s'arrête définitivement. Il est intéressant de constater qu'à partir de ce niveau plus aucune infiltration ne se fait jour à travers le seuil même, ce qui confirme notre supposition qu'il est bien constitué par de la roche en place.

Les sources en aval du Saut depuis le pied de la chute jusqu'à Entre-Roches continuent à fonctionner après le tarissement de celle-ci, mais elles baissent progressivement et quelques-unes, les plus rapprochées du pied de la chute, finissent par tarir à leur tour. Schardt attribue le phénomène à la baisse du niveau du lac qui met à sec les ouvertures absorbantes du barrage. Les autres sources dont l'écoulement persiste seraient alimentées par des fuites situées plus profondément dans le lac et ne seraient pas encore affectées par une baisse de niveau telle que celle de 1906.

Ces fuites partent du dernier bassin, le plus profond. Un groupe important de deux fuites se trouve au sommet de la concavité formée par la rive française au premier méandre juste en face du Pré Philibert ; l'eau s'infiltré à travers des éboulis par deux fissures dans le flanc du rocher. Des expériences à la fluorescéine, faites en 1906 spécialement à leur embouchure, ont démontré qu'elles sont en relation avec les sources d'aval.

¹ SCHARDT, *Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906*, p. 324. Les observations de Schardt ont été faites simultanément avec celles du Bureau hydrométrique fédéral, dont les résultats ont été publiés dans *Le développement de l'hydrométrie en Suisse*, 1910.

Une autre fuite doit être située au fond de l'entonnoir du Cul de la Conche, en face du bâtiment des douanes suisses sur le fond plat du lac. Nous en avons déjà signalé l'existence, on le connaît depuis les sondages de Delebecque. « Le caractère d'ouverture absorbante de cet entonnoir est attesté par la température de l'eau qui le remplit ; elle est égale à celle de l'eau dans son voisinage. »¹

Notons que les deux fuites qui se produisent à travers le rocher de la rive française n'ont rien à voir avec la perméabilité du barrage ; quant à celle du Cul de la Conche dont la réalité doit être admise, il n'est pas possible de déterminer si elle a lieu à travers la roche homogène ou si elle s'infiltré dans la masse des éboulis.

Relations entre les fuites du lac et les sources d'aval.

La communication du lac des Brenets et des sources d'aval a été établie, comme nous l'avons dit, par Schardt à la suite d'expériences de coloration à la fluorescéine. On a employé à cet effet une quantité de colorant de 20 kg. que l'on répandit le plus également possible sur toute la surface du lac. Les sources qui furent les premières influencées sont celles de La Roche sur la rive française un peu en amont de l'usine, puis celles situées un peu plus haut sur la rive suisse, enfin celles d'Entre-Roches. Toutes les sources furent influencées, à un intervalle variable de quelques heures, et la coloration des eaux d'aval commença environ 12 heures après que le colorant eut été entièrement répandu dans le lac. Les sources de La Roche étaient plus fortement colorées que les autres du fait qu'on avait introduit un supplément de fluorescéine à l'entrée des deux fuites du rocher mentionnées plus haut. Ce groupe de sources est donc en relation directe avec les deux ouvertures absorbantes sur le côté français du dernier bassin.

Quant à l'entonnoir du fond du lac, Schardt le suppose en communication avec la grande et profonde marmite du pied de la chute qui est alimentée souterrainement par un apport évalué à 300 l. sec. aux plus basses eaux.

Au moment où se firent les essais de coloration, la source² jaillissant au pied de la chute était tarie, mais sa relation avec le lac est démontrée par sa température qui varie parallèlement avec celle des eaux du lac. Il est intéressant de noter que les sources, d'ailleurs peu nombreuses, de la rive suisse, ne proviennent pas directement du lac, mais qu'elles sont dues à des infiltrations du cours du Doubs localisées par Schardt entre la grande et la petite chute. « Des essais de coloration faits spécialement dans ce but, ont influencé ces sources dans l'espace de trois heures. »³

Toutes les sources affluentes et visibles entre la chute et le défilé d'Entre-Roches, ne sont certainement pas alimentées exclusivement par la réserve du lac des Brenets. On peut les classer en deux groupes. Les unes sont issues de conduites souterraines creusées dans la roche en place,

¹ SCHARDT, *Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906*, p. 325.

² Il s'agit de la source superficielle visible signalée p. 65.

³ SCHARDT, *eod. loco*.

c'est le cas de toutes celles de la rive française. Les autres sont des infiltrations des eaux du lac à travers le barrage d'éboulement. Or, il est assez surprenant, comme le dit Schardt lui-même, que les sources jaillissant du rocher « soient de beaucoup les plus nombreuses et les plus abondantes, en même temps qu'elles sont aussi les plus persistantes ». ¹

Après avoir mesuré le degré de dureté de l'eau qu'elles émettent, Schardt admet que les canaux d'adduction qu'elles utilisent participent au réseau de circulation des eaux souterraines et il ajoute qu'« au moment de leur plus faible débit, elles devaient être presque exclusivement formées par de l'eau du lac des Brenets ; mais qu'en temps de pluie, il doit s'y ajouter encore une quantité variable, parfois très considérable, d'eau souterraine, ce qui explique la grande variabilité de leur débit, phénomène qui n'est pas exclusivement dû aux variations du niveau du lac ». ²

En terminant ce chapitre, insistons sur ce fait, digne d'attention, que les eaux du lac utilisent des conduits souterrains, dans la roche en place, de préférence aux fuites par infiltration à travers le barrage et cela dès que les eaux du lac atteignent un certain niveau. Il semble ressortir de là que le barrage ne jouit pas des mêmes propriétés sur toute sa hauteur. Il est très perméable dans sa partie supérieure, mais il l'est certainement beaucoup moins en son milieu et à sa base. On peut le soutenir, sinon l'affirmer, en tenant compte que l'importance de la fuite du Cul de la Conche n'est pas démontrée et que la nature du terrain sur lequel s'ouvre l'orifice absorbant n'est pas déterminée. Il est possible d'expliquer en partie le phénomène en supposant que les matériaux éboulés subissent une corrosion très active pour la bonne raison qu'ils sont en contact permanent avec l'humidité ambiante, que leur morcellement même facilite la désagrégation des calcaires qui se dissolvent et que les résidus de cette opération chimique s'agglomèrent, ou s'amalgament, obstruant peu à peu tous les interstices si bien que l'éboulement finit par former une masse de plus en plus homogène. En outre l'eau en circulant ne peut pas se creuser un passage important dans un terrain meuble tel que celui constitué par un éboulement, car, au delà d'un certain diamètre, les fissures doivent se boucher automatiquement par tassement.

En dehors des sources et émissaires sous-lacustres reconnus jusqu'à présent, il semble légitime de supposer qu'il existe d'autres sources et d'autres orifices absorbants soit dans les derniers bassins, soit dans le lit du Doubs en aval de la chute. Cette supposition est confirmée pour les sources en aval de la chute par les mesures de débit qui furent faites le 5 octobre 1906 par le Service hydrométrique fédéral entre l'usine de La Roche et Moron : ³

Entre grande et petite chute (sources sous-fluviales)	Entre-Roches	Moron	Différence entre les deux derniers postes
litres secondes 81	315,4	780	464,6

¹ SCHARDT, *eod. loco*, p. 325.

² SCHARDT, *eod. loco*, p. 329.

³ *Le développement de l'hydrométrie en Suisse.*

Ce jour-là, le lac avait atteint son niveau le plus bas, il était à — 0,86, donc en dessous du zéro de l'échelle limnimétrique. La chute était à sec de même que les sources visibles au pied de celle-ci. La mesure faite entre la grande et la petite chute donne donc le débit des sources sous-fluviales entre ces deux points. De même la différence de débit entre les observations faites au défilé d'Entre-Roches et celles faites à Moron, accuse un apport de 464,6 l. sec. qui ne peut provenir que de sources invisibles débouchant directement dans le lit du Doubs. Cet apport est même si considérable qu'il double le volume de l'eau débité à Moron par rapport à celui débité à Entre-Roches à un kilomètre seulement en amont.

Il est regrettable qu'une analyse chimique et thermométrique n'ait pas été faite pour les eaux de la rivière à ces deux endroits, à ce moment-là ou lors de l'essai de coloration du lac. En déterminant la teneur respective en fluorescéine d'échantillons prélevés simultanément en ces deux points, peut-être aurait-on pu savoir si l'eau de ces sources sous-fluviales provenait du lac des Brenets ou d'un réseau de circulation souterraine indépendant. Dans le premier cas, la concentration du colorant aurait été la même pour les deux échantillons ; dans le second, l'eau de Moron aurait eu une concentration de moitié inférieure à celle d'Entre-Roches.

A défaut de ce complément d'observations, il semble bien que toutes les fuites du lac doivent apparaître avant le défilé d'Entre-Roches, car après celui-ci, elles sont isolées du bassin de Moron par la remontée des couches imperméables de l'argovien. De plus, il faut supposer pour cela que toutes les fuites sont canalisées dans le synclinal du Pissoux et qu'il n'y a pas d'infiltration des eaux du lac sous l'anticlinal des Planchettes, infiltrations dont les orifices absorbants se trouveraient dans les bassins supérieurs du lac des Brenets. Or, bien que l'on n'ait pas constaté de fuites en dehors de celles que nous avons indiquées dans le dernier bassin, il n'est pas prouvé qu'elles soient seules et qu'il n'y en ait pas d'autres, soit dans ce bassin, soit dans ceux qui le précèdent.

Sur tout le cours du Doubs en aval de Moron, aucune observation scientifique n'a été entreprise pour la recherche sur ce tronçon de sources sous-fluviales ou d'émissaires souterrains ayant leurs ouvertures dans le lit de la rivière. Il est pourtant assez probable que les deux phénomènes se produisent, étant donné la nature perméable des calcaires qui constituent le fond du thalweg en aval du Châtelot jusqu'à Biaufond.

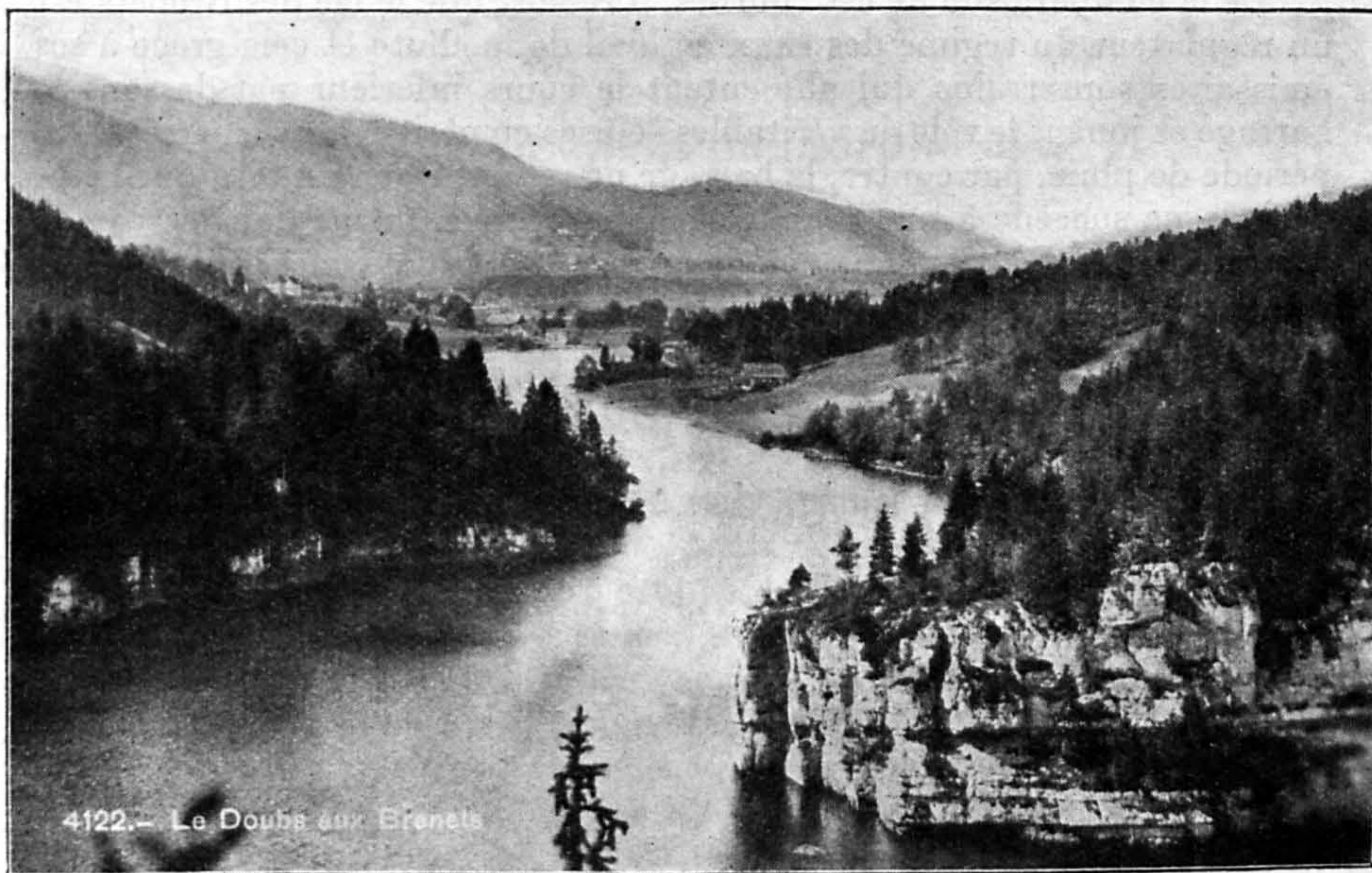
Nous avons eu l'occasion d'observer nous-même une fuite plus ou moins importante aux Gravieres pendant l'été 1929. Elle est située sur la rive droite, à 200 m. à peu près en amont du restaurant. Le niveau était assez bas et l'eau du Doubs s'infiltrait visiblement dans le sol à travers les éboulis, les galets et les sables qui constituent la berge à cet endroit. S'il y avait résurgence à peu de distance de là, la chose n'apparaissait pas, mais si l'infiltration se perdait en profondeur, elle devait rencontrer sous les alluvions le séquanien pour être ensuite canalisée sur l'argovien et ressortir probablement avec lui vers Biaufond.

Pour conclure, revenons au lac des Brenets et demandons-nous quelle est l'influence qu'il exerce sur le cours du Doubs en aval de la

chute ? Pour répondre à cette question, reportons-nous aux graphiques de la figure 10, spécialement aux tableaux 3 et 5.

Il ressort du tableau 3 que, pour une période où le niveau du lac est resté au-dessus de la normale, les courbes coïncident parfaitement. Pour une hausse ou une baisse déterminée aux Brenets, correspond une hausse ou une baisse équivalente au Châtelot et à Biaufond.

Sur le tableau 5 par contre le synchronisme est rompu. Nous avons là les courbes du niveau des eaux en 1906 au lac des Brenets et à Biaufond



D'après une carte postale.

FIG. 11. — LAC DES BRENETS.

Vue prise d'un point de la côte suisse vers l'amont. Vallée ennoyée ; entrée des méandres encaissés. Les rochers qui émergent sont du portlandien. Au fond, le synclinal de Villers-le-Lac. C'est ici que la rivière entaille le seuil qui s'élève peu à peu pour former l'anticlinal des Planchettes.

(le poste du Châtelot n'existait pas encore). Or les deux courbes coïncident à peu près jusqu'au mois de juillet, époque à laquelle le niveau du lac descend au-dessous de la normale. Dès ce moment-là, la courbe des Brenets se creuse énormément, tandis que celle de Biaufond marque un niveau constant jusqu'en novembre, époque à laquelle le lac des Brenets atteint de nouveau son niveau normal (752 m.) soit environ 13 m. au-dessus du zéro limnimétrique. A partir de ce point, la coïncidence entre les deux courbes est rétablie. Mais ces comparaisons sont basées sur des moyennes mensuelles. Si, pour plus de précision, nous avons recours au tableau détaillé du Bureau hydrométrique fédéral¹ où les niveaux sont

¹ *Tableaux graphiques des observations hydrométriques suisses pour l'année 1906.*

enregistrés quotidiennement, nous observons que la courbe de Biaufond épouse celle des Brenets jusqu'au jour où le niveau du lac atteint 15 m. au-dessus du zéro de l'échelle limnimétrique. A partir de ce moment, 15 juin, le lac continue à baisser, mais le niveau à Biaufond reste à peu près constant jusqu'au 20 septembre (on a à cette date 0 m. 50 aux Brenets et 2 m. 60 à Biaufond), puis il forme une série de dents de scie, très serrées mais de peu d'amplitude, jusqu'au 5 ou 10 novembre ; alors les deux niveaux remontent subitement et concordent de nouveau dès le 15 novembre, jour où le lac des Brenets atteint son niveau de 15 m.

De la comparaison de ces courbes, il ressort que le lac des Brenets est un régulateur du régime des eaux en aval de la chute et cela grâce à ses émissaires souterrains qui alimentent le cours inférieur par-dessous le barrage et jouent le rôle de véritables écluses en période de sécheresse. En période de pluie, par contre, le barrage ne retient rien, à moins que cette période ne succède à une grande sécheresse, mais même dans ce cas, le temps nécessaire au remplissage de ce réservoir est si court qu'il ne vaut pas la peine de s'y arrêter. C'est la réponse à la question que nous nous sommes posée tout à l'heure.

CHAPITRE III

Cas particuliers de morphologie.

Le barrage d'éboulement du Saut du Doubs.

L'origine du lac des Brenets doit être attribuée sans aucun doute à un éboulement considérable qui a barré la vallée du Doubs et provoqué, derrière lui, la formation d'un réservoir naturel où s'accumulèrent les eaux d'amont, jusqu'à un niveau indéterminé mais très probablement supérieur au niveau actuel du lac. C'est Schardt qui, le premier, établit d'une manière manifeste cette origine du lac en question dans une note publiée en 1903¹ : « Situé comme il est dans un sillon d'érosion fluviale, dit-il, l'origine du lac des Brenets comme lac de barrage semble *a priori* être indiquée. C'est l'impression que j'eus, lorsqu'en 1885, la Société Helvétique des Sciences Naturelles visita ces lieux classiques au cours de la session du Locle, sous la direction du professeur Aug. Jaccard. »

Auparavant, un ingénieur français réputé, A. Delebecque,² s'en était déjà occupé et classait le lac des Brenets dans les « Karstseen » dont la formation serait due à l'obstruction d'une voie souterraine, comme c'est le cas pour le lac de Joux, le lac des Taillères et pour d'autres lacs du Jura. Mais cette hypothèse doit être abandonnée définitivement ; après les observations de Schardt, elle ne résiste pas, en effet, à un examen attentif des formes du terrain. Le seuil qui sépare l'extrémité du lac des Brenets de la chute du Doubs apparaît à la surface comme formé d'éboulis sur toute sa longueur. La masse éboulée atteindrait, d'après Schardt, une hauteur de 50 m. Si, suivant toute apparence, elle repose par endroits sur la roche en place, notamment aux environs de la chute, elle se poursuit par contre sous les eaux du lac, probablement jusqu'au fond de celui-ci au Cul de la Conche. La nature du barrage a été mise particulièrement en évidence lors de la grande sécheresse de 1906. Au moment où les eaux étaient les plus basses, des documents photographiques du plus haut intérêt ont été pris par les soins du Bureau hydrographique fédéral.

¹ SCHARDT, *Note sur l'origine du lac des Brenets*. Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXXI, p. 312.

² A. DELEBECQUE, *Les lacs français*. Paris 1898.

La reproduction de l'une de ces photos, la plus importante pour le point qui nous occupe, illustre l'article de Schardt sur *Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906*.¹ Cette photographie fut tirée le 3 octobre 1906 alors que le niveau du lac était à — 0,87 par rapport au zéro de l'échelle limnimétrique située près du bureau des Douanes suisses. Elle montre bien nettement les éboulis qui ordinairement sont immergés et qui constituent le fond du petit bassin entre les deux hôtels et toute la berge du Cul de la Conche à l'extrémité du lac. On voit très bien, sur le cliché, des blocs de toutes dimensions dévaler à partir de la route jusque sous l'eau et il est tout naturel de supposer que ces éboulis se prolongent avec la même pente vers le fond du lac, lequel doit coïncider avec le fond de l'ancienne vallée.

Considérant les formes générales de la vallée en cet endroit, on remarquera, comme l'a fait Schardt, que la vallée s'élargit passablement entre le hameau du Saut du Doubs et la chute. L'élargissement se poursuit même sur la rive suisse jusqu'en aval de La Roche. Les escarpements sont en retrait et à un niveau plus élevé sur les deux rives par rapport à ceux qui bordent le lac et qui y tombent à pic. Le recul des versants est cependant plus marqué du côté suisse que du côté français. Ainsi la vallée se trouve être en ce point et au niveau du seuil (750 m.) une fois plus large qu'en amont ou qu'en aval au même niveau.²

Cette configuration morphologique détruit l'hypothèse de Delebecque, car, si le lac des Brenets était dû à l'obstruction d'un conduit souterrain, au lieu d'une vallée élargie et par conséquent d'une évolution plus poussée, nous devrions avoir là des formes conservées et témoignant d'un état d'érosion moins avancé.

Explication de Schardt. — Schardt interprète de la façon suivante la formation du lac des Brenets³ : il suppose une première vallée dont le thalweg se raccorderait au fond du lac actuel et qui serait située dans le prolongement de la rive gauche, à l'extrémité du petit bassin qui sépare les auberges, soit donc à gauche du chenal actuel de dégorgeement. Cette vallée aurait été comblée par un éboulement décroché de la côte française. Le Doubs, rejeté sur la droite, se serait taillé une nouvelle gorge entre les éboulis et le versant suisse. Cette deuxième voie d'écoulement aurait livré passage au trop-plein du lac, à partir du Cul de la Conche et suivant le prolongement de la rive droite avant le barrage, jusqu'à La Roche où la rivière devait rejoindre son cours normal. D'après la coupe schématique qui illustre son exposé, Schardt suppose que le Doubs eut assez de temps pour approfondir son lit sur ce tronçon jusqu'à rétablir sur un autre tracé son profil antérieur. Dès lors le lac des Brenets devait s'être vidé complètement quand se produisit un nouvel éboulement, plus considérable que le précédent, mais sur le côté suisse. Voilà

¹ *Le développement de l'hydrométrie en Suisse*. Publication spéciale du Bureau hydro-métrique fédéral en 1910, et SCHARDT, *Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906*. Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXXVII, p. 316.

² Voir fig. 12.

³ SCHARDT, *L'origine du lac des Brenets. Le lac des Brenets et la baisse du Doubs en 1906*.

donc la nouvelle vallée barrée comme la première, le lac des Brenets reformé pour la seconde fois et le chenal, rejeté sur la gauche, occupe sa position d'aujourd'hui, laquelle serait intermédiaire par rapport aux deux autres.

Pour Schardt, les deux éboulements en question ne sont pas de même nature, cela ressortirait de la disposition des matériaux constitutifs du barrage. Il se serait produit sur la rive française, non pas un éboulement

W.

E.



FIG. 12. — LE CUL DE LA CONCHE.

D'après une carte postale.

Vue correspondant à la coupe de Schardt (fig. 14). Les auberges du Saut du Doubs sont construites sur les masses éboulées, de même que la route du premier plan à droite. Au fond, on remarquera à droite les couches redressées du Châtelard, à gauche de celui-ci l'inflexion de la ligne d'horizon marque le synclinal du Pissoux.

proprement dit, mais « un affaissement de rocher », suivant l'expression employée par Schardt. Ce rocher formait primitivement un encorbellement à une faible hauteur au-dessus des eaux. Minée latéralement par le courant, la corniche serait descendue, tout d'une pièce, et aurait obstrué le thalweg sur une longueur de 400 m. ¹ et une largeur de 100 m. au moins.

Avant de se détacher, la roche devait présenter une stratification sensiblement horizontale, suivant le sens des couches qui composent les bancs calcaires demeurés stables sur la rive gauche, lesquels dominant actuellement la chute de 150 m. D'après l'auteur que nous citons, une partie des couches éboulées n'auraient presque pas été disloquées en

¹ Distance entre l'hôtel du Saut et la chute

tombant, elles se seraient pour ainsi dire posées à plat sur le fond de la vallée en gardant à peu près la position qu'elles avaient plus haut avant leur chute ; ce serait le cas pour toute la partie des couches situées en avant de l'éboulement. La partie des couches située en arrière se serait redressée pour épouser la pente du versant où s'est produit l'éboulement.

Une coupe transversale naturelle aurait inspiré à Schardt cette interprétation (fig. 13). Elle se trouve exactement au pied de la chute du Doubs. Si, de la rive française, on examine le terrain à cet endroit, on voit en effet les couches qui constituent le seuil très voisines de l'horizontale de chaque côté de la chute ; par contre, sur la rive gauche du petit bassin formé au bas de celle-ci, à droite pour l'observateur qui regarde vers l'amont, les couches sont inclinées de 45° , dans la position d'un glissement de terrain et elles s'appuient sur le versant français où l'on peut les suivre jusqu'au belvédère, auquel elles servent de soutènement 40 m. plus haut. Signalons tout de suite que le contact des bancs horizontaux avec les bancs relevés est ordinairement dissimulé par la végétation. Mais à cet endroit jaillit une source, émissaire du lac des Brenets, ¹ ce qui fait présumer une cassure. Schardt ajoute que ces couches sont toutes fissurées, qu'elles soient dans l'une ou dans l'autre position. Pour lui, ces deux masses rocheuses seraient, dans leur ensemble, le produit d'un même éboulement et le seuil de la chute, quoiqu'il paraisse de prime abord, ne pourrait être en aucune manière considéré comme de la roche en place.

Sur la rive suisse, les matériaux descendus du Corps de Garde se distinguent des premiers par leur structure toute différente. Tombée de beaucoup plus haut, la masse éboulée aurait perdu toute son homogénéité, ses débris auraient comblé la deuxième vallée en s'amoncelant pêle-mêle suivant la disposition des débris d'un éboulement ordinaire, sans conserver aucune trace de leur stratification. Les éboulis s'étendent, encore à l'heure actuelle, sur toute la distance comprise entre le Cul de la Conche et l'usine de La Roche, soit sur une longueur d'environ 900 m. et sur une largeur de 150-200 m. Leur masse est, d'ailleurs, parfaitement circonscrite sur la carte de Rollier et Favre. Une partie de ces matériaux aurait recouvert le front de l'éboulement précédent, ils constitueraient même le fond du chenal d'écoulement depuis le lac jusqu'à l'endroit où réapparaissent, par-dessous, un peu avant la chute, les couches horizontales de l'affaissement de rocher du côté français. Cela détermine pour Schardt l'ordre de succession de ces deux éboulements (fig. 14).

Notons en passant que Schardt ne dit rien des deux collines qui dominent la rive gauche ² et dont l'une s'élève bien à 30 m. au-dessus du niveau normal du lac. Toutes deux sont constituées de quartiers de roche dont la disposition cahotique est absolument semblable à celle des éboulis de la rive droite. C'est de part et d'autre un amoncellement de blocs de toutes dimensions entremêlés de débris plus petits. Sur son profil,

¹ Voir figure 13 ; la source est indiquée dans le chapitre précédent sous le nom de « source du pied de la chute ».

² Voir fig. 12.

N.-W.



S.-E.

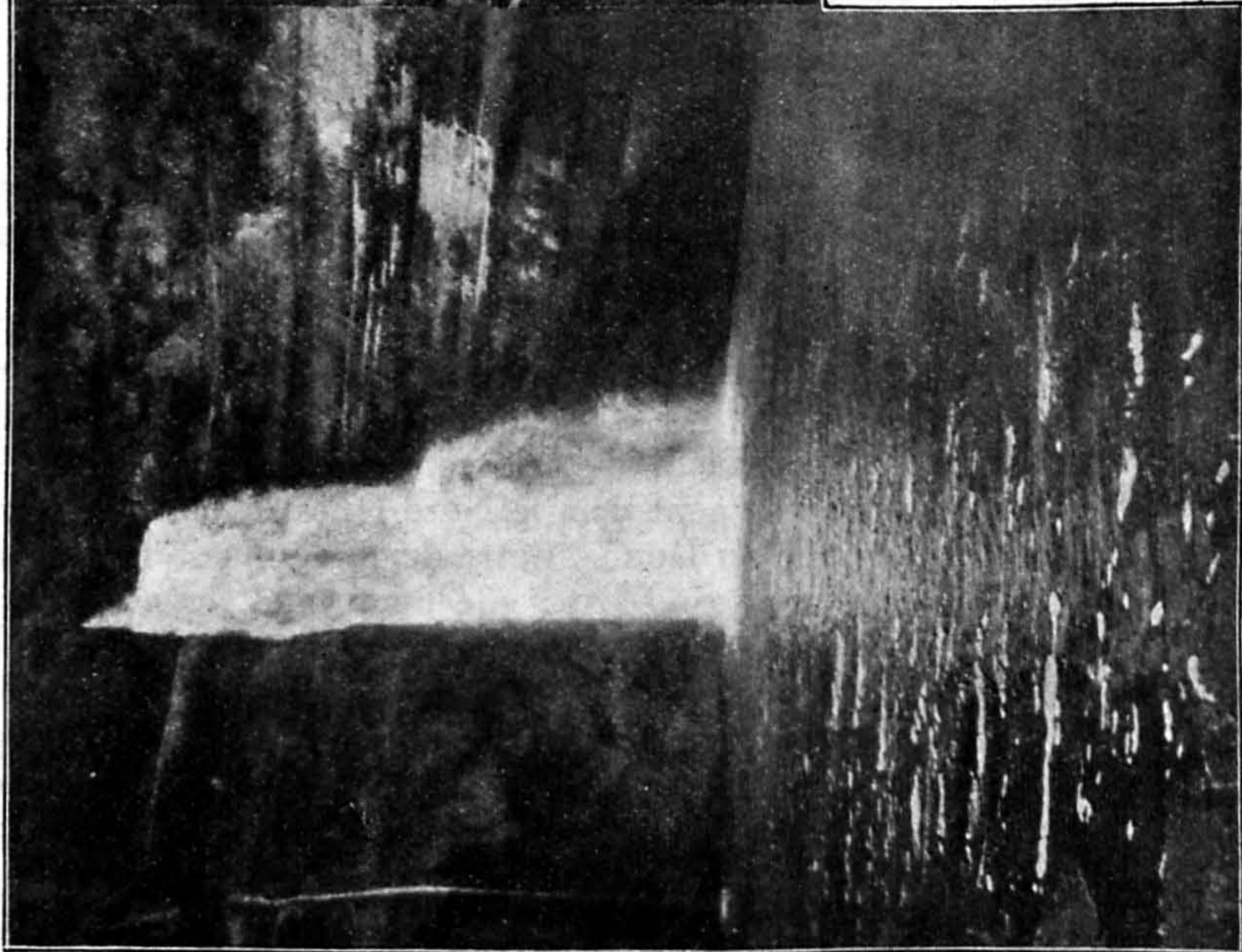


FIG. 13. — CHUTE DU DOUBS.

Vue correspondant à la coupe de Buxtorf et à celle de l'auteur (fig. 15 et 16). La végétation empêche de voir la continuité des couches passant de l'une à l'autre position. L'imparfaite juxtaposition des deux photographies qui composent ce cliché ne doit pas induire en erreur sur la continuité des bancs horizontaux du seuil.

On ne trouve là aucune fissure dans le sens vertical.

Schardt distingue très nettement les deux éboulements : du côté français la masse effondrée, en couche du haut en bas ; du côté suisse, la masse d'éboulis en désordre. Pour être conforme à la réalité, le dessin devrait montrer à la surface topographique des matériaux de même nature sur les deux rives et les couches effondrées du côté gauche devraient être coiffées de débris non stratifiés.¹

Explication de Buxtorf. — La note de Schardt relative à l'origine du lac des Brenets date de 1903 ; en 1922, A. Buxtorf, après une visite sur les lieux, reprend l'idée de Schardt, la complète en y apportant quelques modifications de détail au cours de son étude sur le profil longitudinal du Doubs entre Les Brenets et Soubey.² Avec Schardt, il admet les deux éboulements, le comblement des deux thalwegs antérieurs, mais il intervertit leur ordre de succession. Pour lui, l'effondrement du côté français serait postérieur à l'autre et cela ressortirait de la fraîcheur de la niche d'éboulement. En outre, il fait remarquer que Favre³ a découvert la présence d'une moraine de fond sur la masse de matériaux provenant de l'éboulement du versant suisse de la vallée. Cette moraine aurait été déposée là par un glacier local datant du Würm. On en trouve les restes dans une gravière à droite de la route au Nord-Est de l'hôtel du Saut. Grâce à ces dépôts glaciaires, on peut aujourd'hui dater approximativement les matériaux situés au-dessous, éboulement rive droite, et ceux situés au-dessus, éboulement rive gauche. Le premier, antérieur au Würm, serait interglaciaire, l'autre serait postglaciaire.

Le point important, sur lequel l'opinion de Buxtorf s'écarte complètement de celle de Schardt, concerne la nature même du seuil à la chute. Pour lui, la plaque calcaire sur laquelle coule le Doubs avant la chute, de même que la paroi de rocher située dessous et à côté de la chute, sont, sans aucun doute, de la roche en place : « Les couches de cette paroi, dit-il, sont, en effet, si régulières qu'on n'y trouve aucune fente apparente et qu'on doit la considérer comme ayant existé en tant que rocher longtemps avant l'éboulement mentionné plus haut. » Nous serions en présence d'une lamelle de roche en place qui aurait subsisté là comme témoin entre les deux anciennes voies d'écoulement aujourd'hui comblées.

Buxtorf ajoute qu'« il est facile de voir comment les bancs horizontaux du Saut du Doubs atteignent vers le Nord-Ouest la masse de remplissage de l'ancienne vallée du Doubs. Cette dernière masse montre des couches très inclinées vers le Sud-Est ; elle comprend de nombreuses fentes et offre ainsi à l'eau du lac des Brenets la plus grande possibilité d'un échappement souterrain. On sait d'ailleurs que l'eau de ce lac doit avoir un débouché en dessous du Saut du Doubs, il n'est donc pas nécessaire d'insister davantage sur ce cas ». Nous voyons qu'en ce qui concerne les couches inclinées vers la chute, sur la rive française, Buxtorf

¹ Voir fig. 14, coupe à travers le barrage, de Schardt, et fig. 8, carte du lac des Brenets, du même auteur.

² BUXTORF, *Das Längenprofil...* Eclogae geol. Helvet., t. XVI, n° 5, 1922.

³ FAVRE, *Flore du Doubs*.

COUPES SCHÉMATIQUES
A TRAVERS LE DOUBLE BARRAGE DU SAUT DU DOUBS

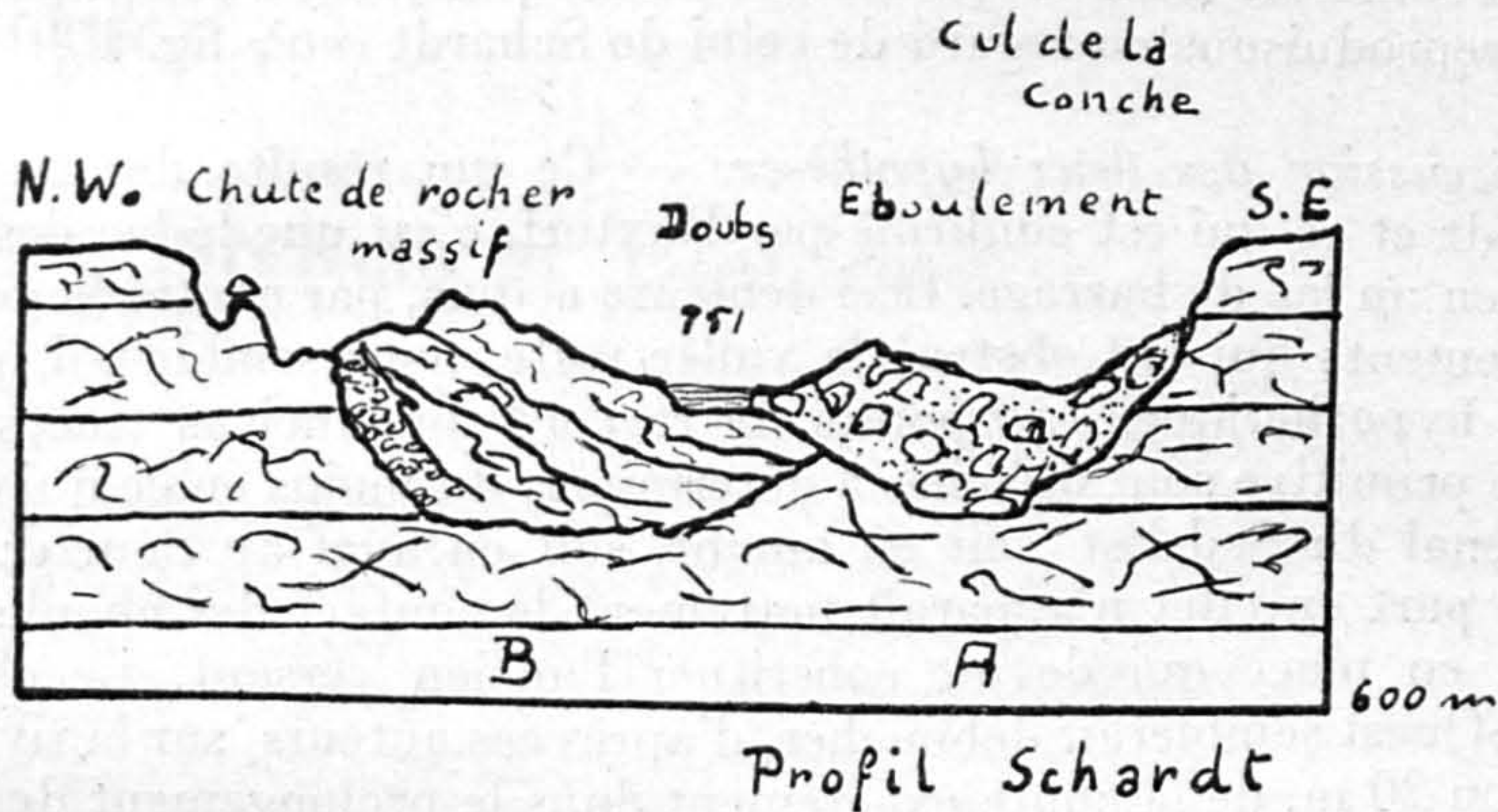


FIG. 14. — Coupe correspondant à la fig. 12. La masse rocheuse éboulée en B s'est redressée contre le versant Nord-Ouest. En A et B, deux éboulements de nature différente.

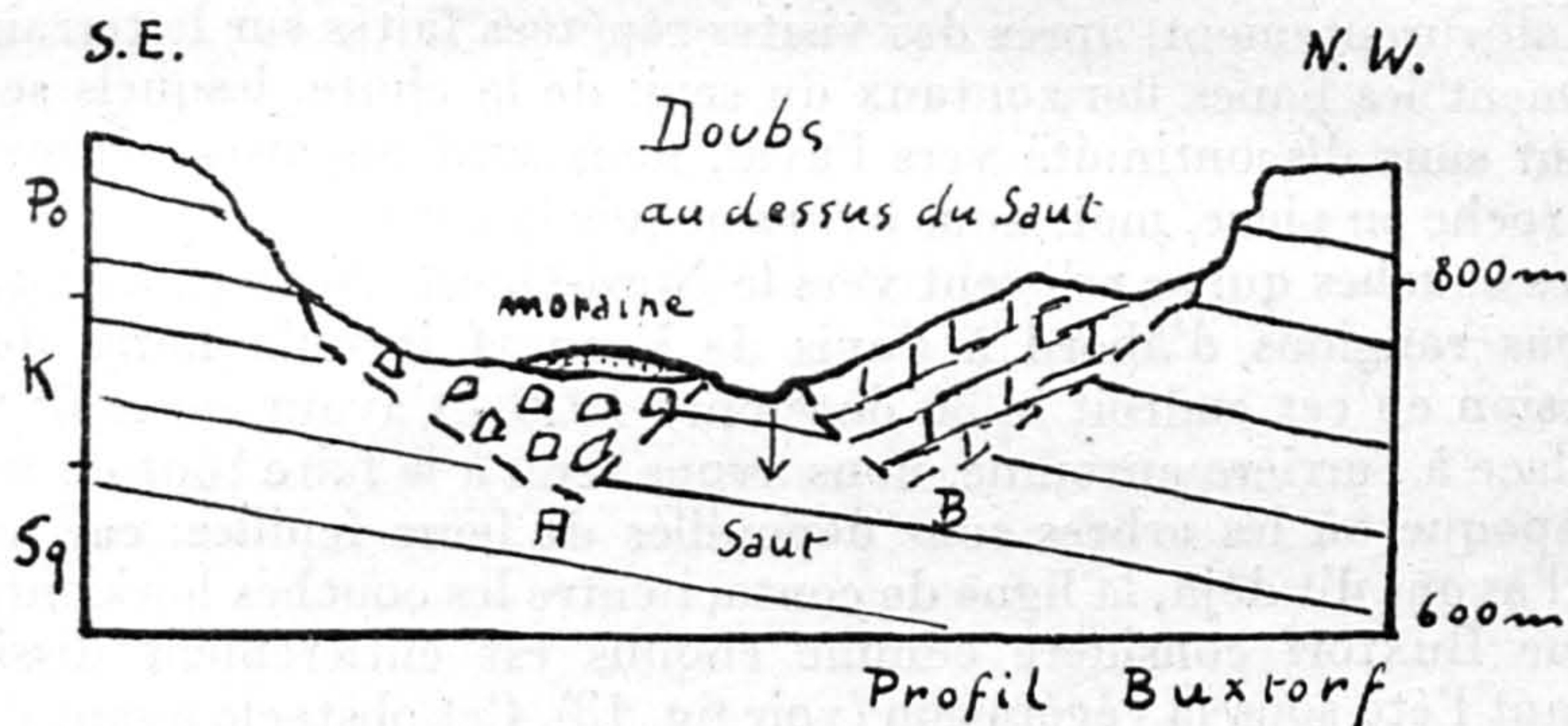


FIG. 15. — Coupe correspondant à la fig. 13. Éboulement en B en discordance avec le socle rocheux du Saut. A et B, deux éboulements de nature différente.

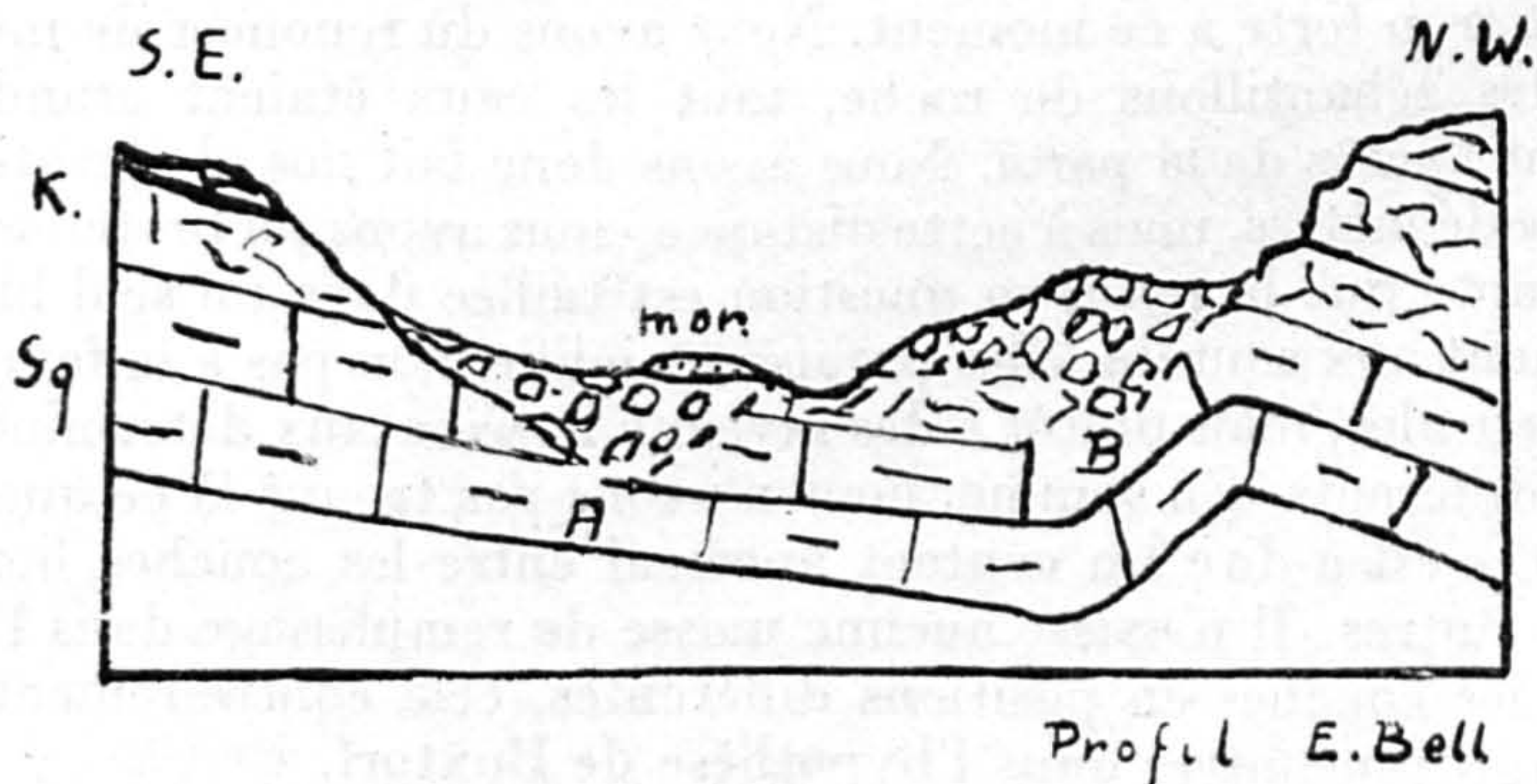


FIG. 16. — Même coupe que fig. 15, en A et B, deux éboulements de même nature à des niveaux différents ; socle de roche en place de part et d'autre de la chute.

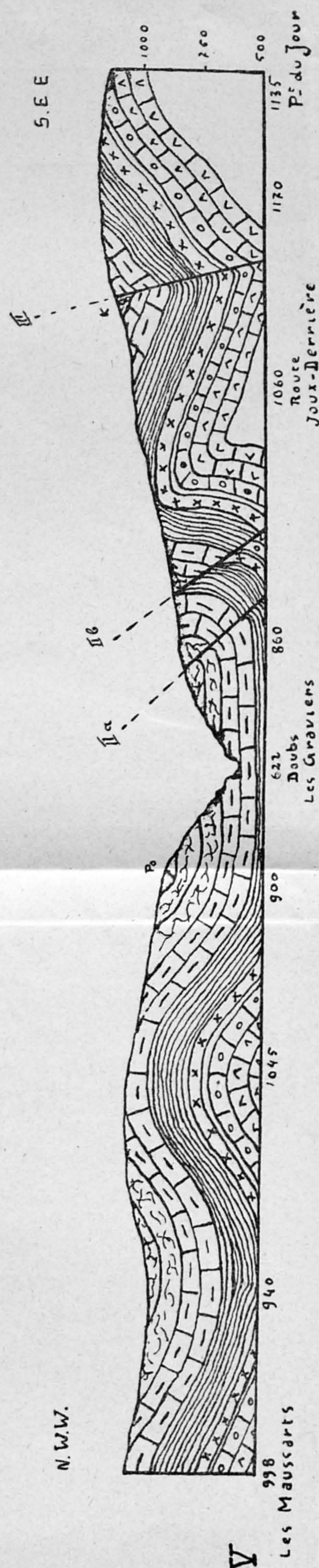
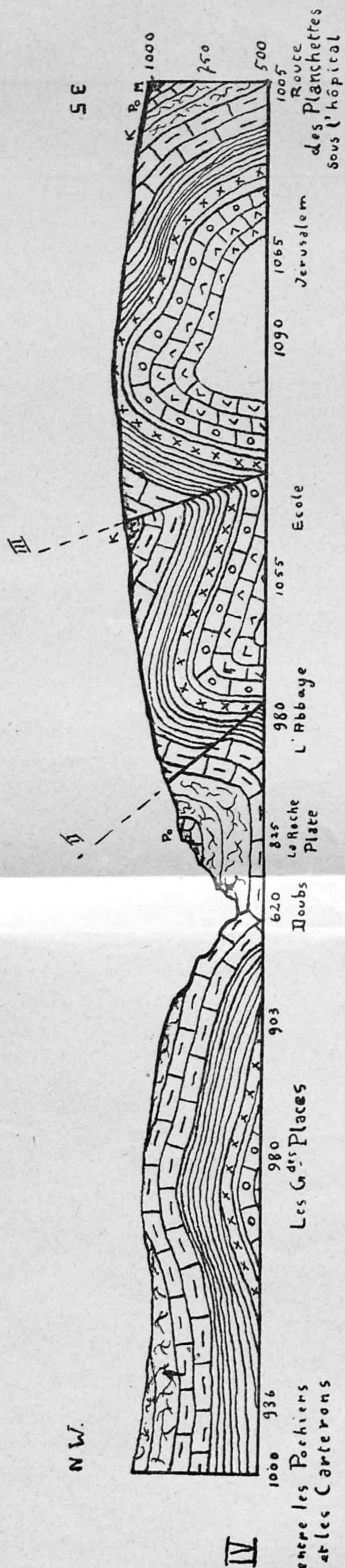
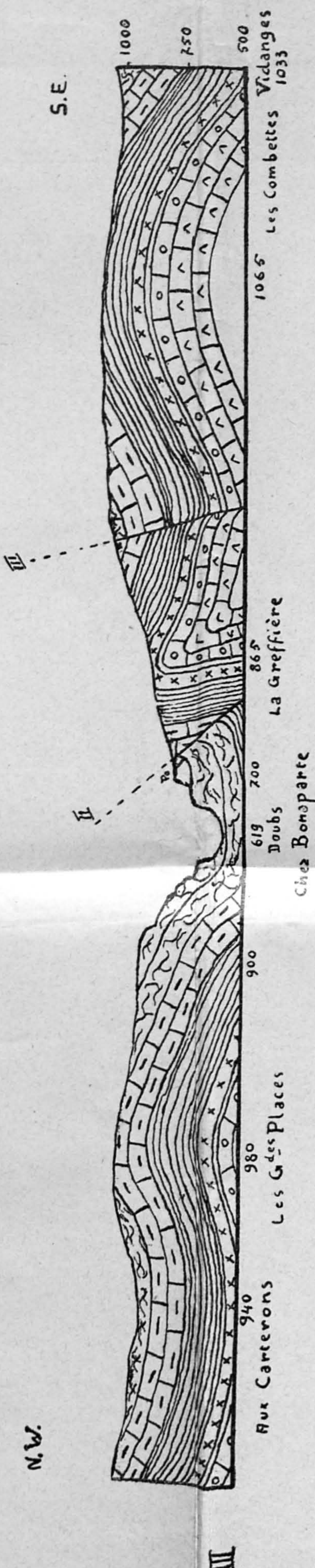
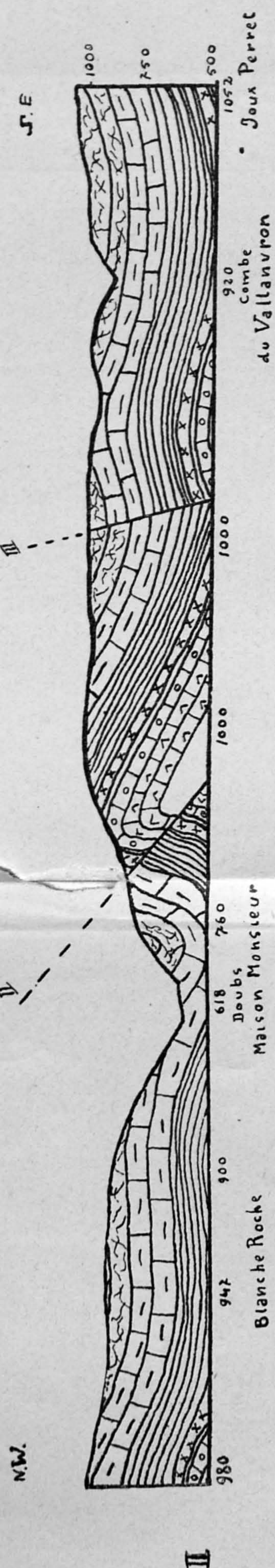
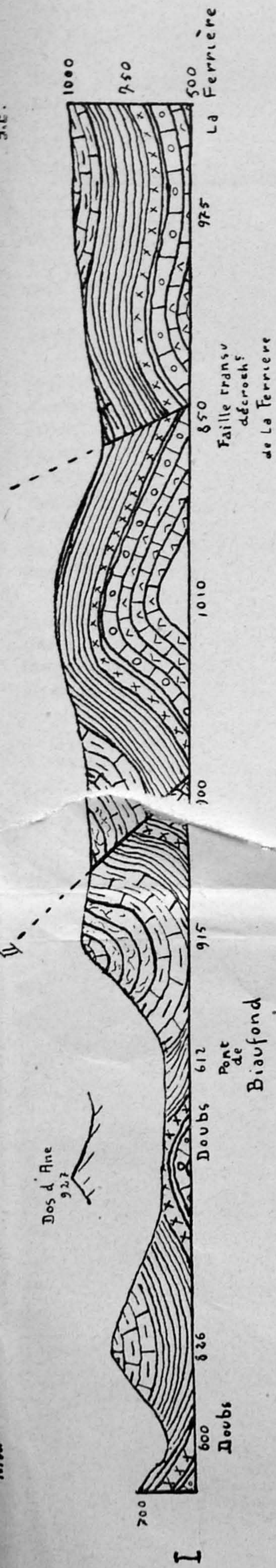
LÉGENDE

- L lehm.
- Br brèche, éboulement.
- M molasse.
- C crétacé.

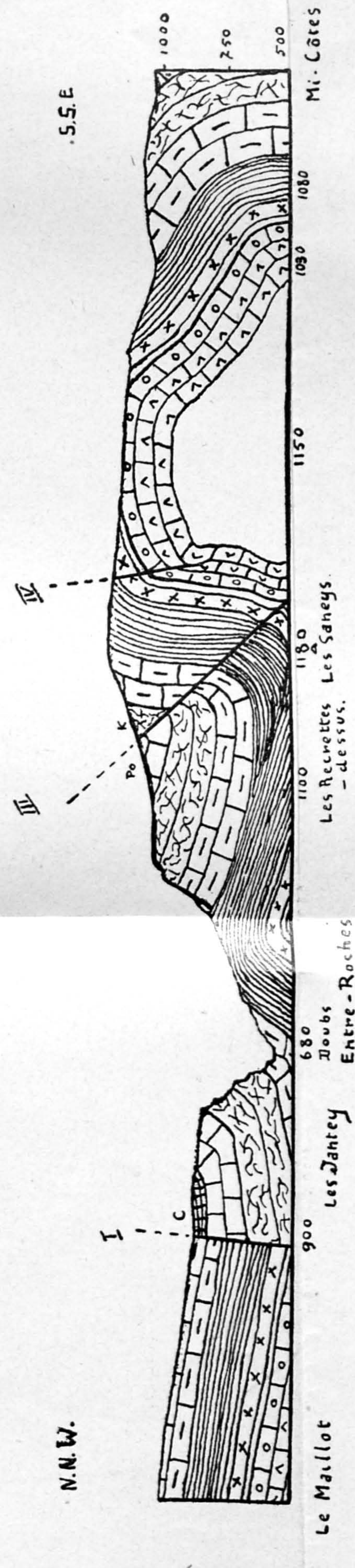
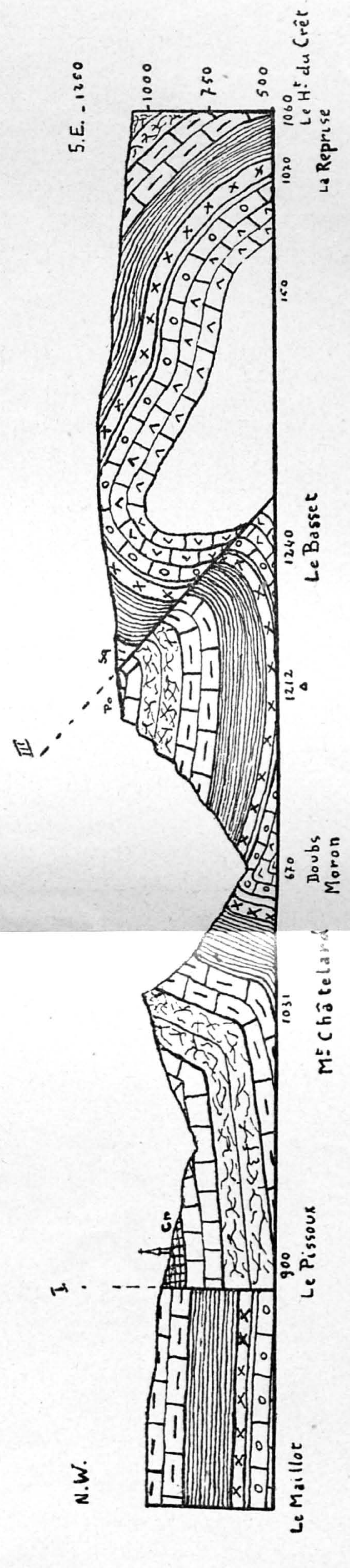
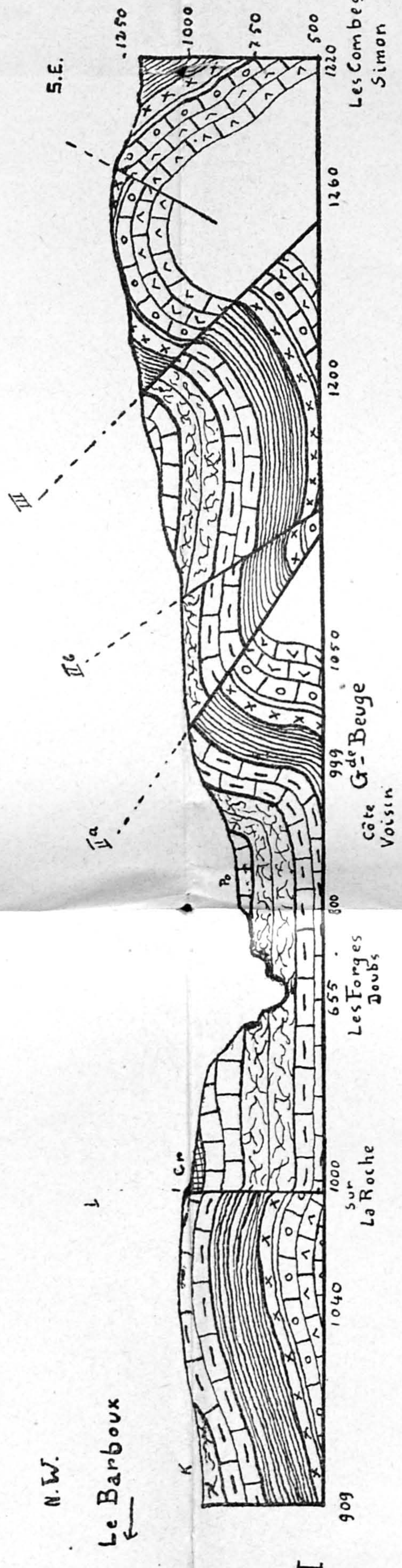
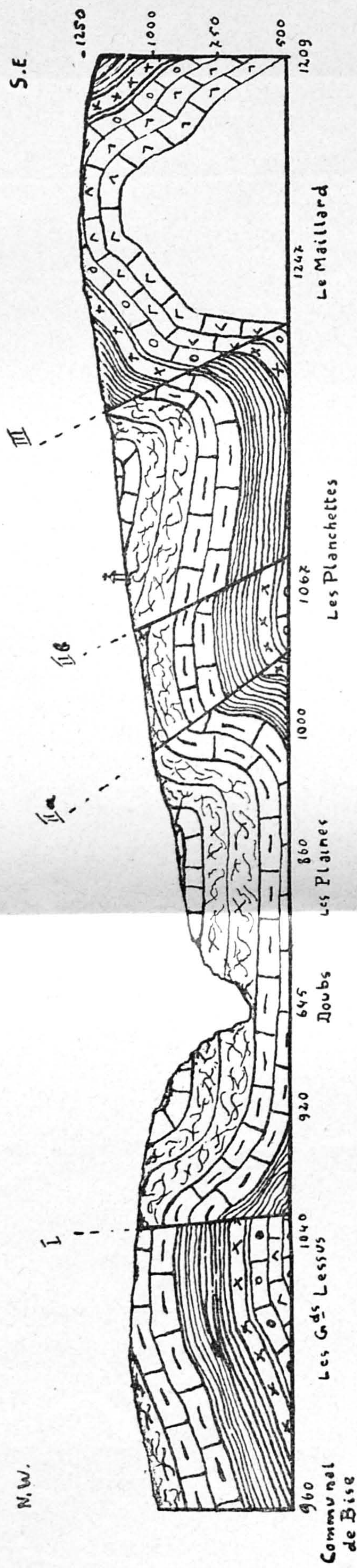
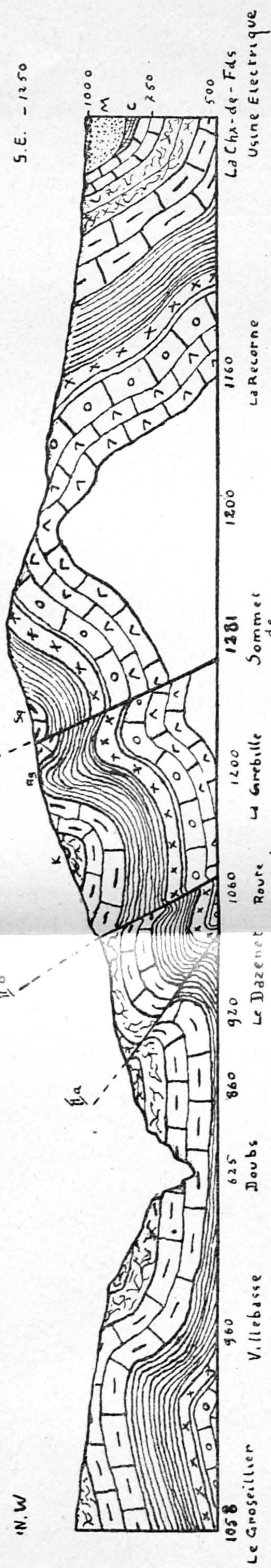
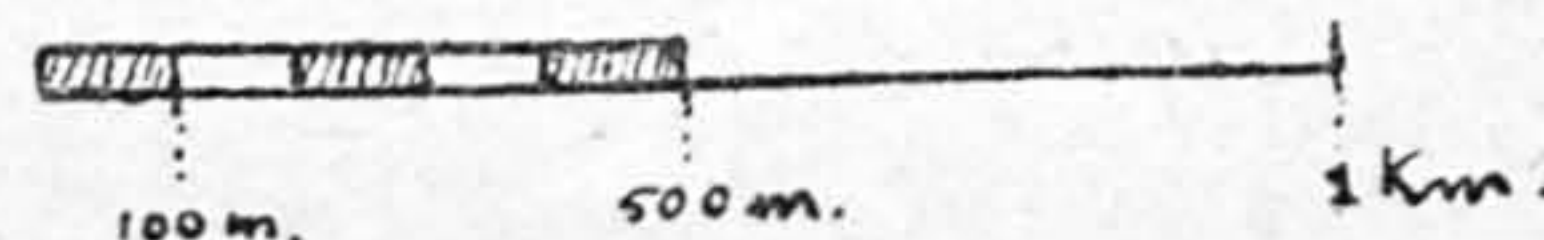
- Po portlandien
 - K kiméridgien
 - Sq séquanien
 - Ag argovien
- } malm.

- Dn dalle nacrée
 - Cr3 calcaires roux sableux
 - Bt bathonien
 - Bj bajocien
- } ca callovien
- } dogger.

Failles longitudinales numérotées de I à IV.
Failles transversales ou tangentielles, indépendantes, sans numéro.

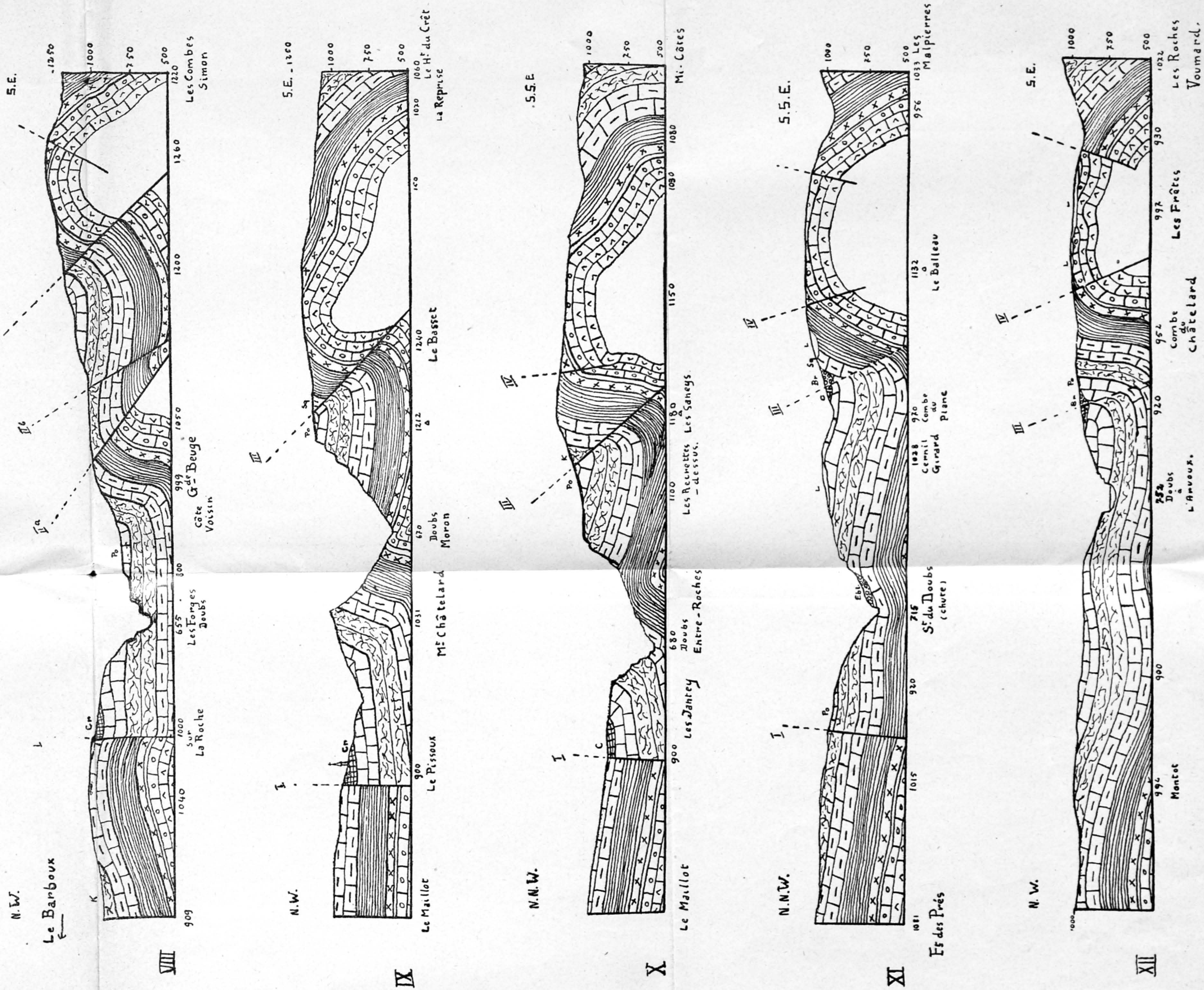


Echelle: 1 : 25000.



Profils semi-schématiques à travers la Vallée du Doubs entre les Brenets et Biaufond

par E. BELL



s'explique par leur position. Le ruissellement des eaux de pluie ne travaille pas de la même manière la tranche des couches suivant qu'elles sont horizontales ou redressées. Ainsi l'érosion peut mettre en valeur des formes variées dans des terrains d'un même niveau. Les bancs horizontaux sembleront plus compacts que les bancs inclinés, les premiers forment des gradins, des corniches qui se protègent les unes les autres, les seconds verront leurs intercalations marneuses érodées à tous les niveaux et, si minces soient-ils, les feuilletts plus durs mis en saillie. Dans le premier cas, l'eau de ruissellement glissera sur les couches suivant une normale à leur tranche, dans le second elle coulera sur la tranche des couches suivant leur plan d'inclinaison. On comprendra sans peine qu'il en puisse résulter des formes d'érosion très diverses.

A la suite de ces constatations, deux interprétations sont en présence : l'une est celle de Schardt qui suppose l'affaissement massif d'une corniche, l'autre consiste à admettre comme roche en place non seulement les calcaires subhorizontaux du seuil mais aussi les couches inclinées qui les prolongent vers le Nord-Ouest.

Une difficulté se pose immédiatement en face de la première hypothèse, on se demande, en effet, si l'affaissement d'un bloc de rocher d'une pareille dimension est possible sans qu'il se brise en tombant dans une vallée fluviale forcément taillée en V et dont le fond, par conséquent, ne doit présenter qu'une surface plane assez étroite pour recevoir les couches horizontales mentionnées. Ces couches sont visibles actuellement sur une largeur d'au moins 80 à 100 m. si l'on mesure la distance comprise entre le point d'où elles sortent sous les éboulis et constituent le lit du Doubs, en amont de la chute, et le point où elles se relèvent du côté français. Peut-on surtout prêter aux roches une plasticité suffisante pour admettre que la partie arrière de cette masse ait pu se ployer et se mouler sur le plan de rupture ou sur le flanc de la vallée ? Ce sont là problèmes de physique-mécanique auxquels nous ne pouvons donner une solution.

Dans la seconde hypothèse, si la partie horizontale des couches est de la roche en place, la partie inclinée adjacente en est aussi, puisqu'il n'y a pas entre elles de solution de continuité. Par conséquent, il faut admettre là une voussure tectonique¹ qui serait l'amorce du flanc Nord-Ouest du synclinal du Pissoux ou, simplement, un accident secondaire comme celui que nous avons déjà rencontré près d'Entre-Roches.² Cette interprétation est parfaitement concevable, car nous sommes là dans une zone de transition. C'est dans cette région en effet que disparaît le synclinal de Villers, que s'individualise l'anticlinal des Planchettes et que naît le synclinal du Pissoux.

En nous reportant à la carte de Rollier et Favre, nous y trouvons indiqué le séquanien soit avant, soit après la chute ; or la paroi de rocher qui retient notre attention présente bien extérieurement l'aspect de cet étage. Elle est constituée par des bancs minces, mais assez compacts, qui alternent avec des bancs de calcaires marneux en feuilletts. Les bancs des

¹ Voir fig. 16.

² Voir fig. 2.

étages supérieurs du kiméridgien et du portlandien qui auraient fourni les matériaux de l'éboulement sont beaucoup plus épais et plus compacts. Seul un examen géologique minutieux des couches qui affleurent à cet endroit pourrait apporter une solution définitive au problème par le témoignage de quelques fossiles. Mais si, comme tout le fait supposer, nous avons affaire au séquanien, ce doit être le séquanien supérieur ou un terrain de transition entre le séquanien et le kiméridgien.

Cette interprétation relative à la position des couches au Saut du Doubs ne change rien d'essentiel à ce qui avait été établi auparavant. Pour nous, comme pour Schardt et Buxtorf, l'éboulement du Corps de Garde est évident ; non seulement les matériaux accumulés au fond de la vallée en sont la preuve, mais la position même de la vallée par rapport à la structure le nécessitait. La masse effondrée sur la rive droite devait auparavant former le flanc de l'anticlinal des Planchettes et ses couches fortement inclinées devaient prolonger celles du Châtelard et de la Grande Beuge. Sapées à leur base par l'érosion fluviale et n'ayant plus de point d'appui, elles ont fatalement glissé sur elles-mêmes jusqu'au fond de la vallée. On peut facilement reconstituer la chose en montant à travers les éboulis du Saut du Doubs jusque sur le plateau des Recrettes, au sommet de la voûte anticlinale. La bordure extrême du plateau est taillée dans le kiméridgien et le portlandien qui forment des parois verticales, tandis que le séquanien marque une pente beaucoup plus douce. Toutes ces couches ont un pendage vers le Nord-Ouest, soit donc vers la vallée et les deux étages supérieurs sont fissurés à travers toute leur épaisseur. On constate des failles dont l'ouverture mesure 10 à 15 m. de large vers le haut. Il se prépare là un éboulement peut-être aussi important que le premier et qui descendra à la moindre secousse sismique. En attendant des blocs importants se détachent chaque année et un glissement général peut se produire d'un moment à l'autre sur les marnes qui sont à la base du kiméridgien et qui récoltent les eaux d'infiltration.

Quant à l'éboulement beaucoup plus récent de la rive gauche, il n'est pas supprimé par notre interprétation, mais simplement réduit dans ses proportions. Nous lui attribuerions les matériaux accumulés au pied des rochers et qui forment les deux collines situées entre le chenal et la côte française, entamée visiblement par une niche d'éboulement.

Avec Buxtorf et Schardt, nous admettons aussi les deux tracés antérieurs au cours actuel du Doubs entre le lac et la chute. Le thalweg le plus ancien serait celui du Sud-Est et son fond correspondrait au fond du lac. L'autre, par contre, celui du Nord-Ouest, serait bien moins profond que ne l'ont indiqué ces deux auteurs. L'érosion y aurait atteint à peu près le niveau de la plateforme du Saut quand le second éboulement l'a comblé dans sa partie amont. Cet éboulement bien localisé serait la cause du petit coude que fait le Doubs avant la chute. En aval, le creusement se serait poursuivi d'après le tracé déterminé par le premier éboulement, donc celui de la rive droite.

Enfin, ajoutons, pour terminer, que toute la partie de la vallée comprise entre la chute et la cluse d'Entre-Roches et en dessous de la cote

750 m. doit être regardée comme postérieure à la formation du barrage et taillée depuis lors dans le versant Nord-Ouest de la vallée primitive. Entre ces deux points et en dessous de ce niveau, la rivière coule au fond d'une gorge très étroite et les formes ont un aspect de jeunesse qui contraste énormément avec celles, plus évoluées, que l'on rencontre sur tout le reste du parcours. En outre, comme nous l'avons déjà noté, le profil en long nous montre là un surcreusement très prononcé qui atteste une intensité particulièrement remarquable des forces d'érosion en ce point. Il faut, sans aucun doute, attribuer ce rajeunissement à la chute ; elle se serait déjà formée en aval de La Roche et serait remontée jusqu'à la situation qu'elle occupe aujourd'hui, ce qui représente un recul de 700 à 800 m. Il s'est écoulé, depuis sa formation, un temps suffisant pour autoriser pareille supposition. Le barrage et par conséquent la chute sont antérieurs au « Würm » ; or, on estime à 11 km. le recul du Niagara, recul effectué depuis le glaciaire ; toutes proportions gardées, le Doubs, semble-t-il, n'aurait pas fourni un travail supérieur durant une période équivalente.

Le cirque de Moron.

Nous avons déjà situé le cirque de Moron et nous en avons fait la description géologique, nous n'y reviendrons pas.¹ Au cours de ce paragraphe, nous tenterons seulement d'interpréter l'anomalie de ce tronçon de la vallée du Doubs où nous trouvons un effet d'érosion en complet désaccord avec la structure.

Rappelons cependant qu'à cet endroit la rivière fait une boucle dont le diamètre mesure 1800 m. environ entre les deux cluses d'Entre-Roches et du Châtelot, que ces cluses se trouvent chacune sur l'emplacement d'un ensellement axial, que la vallée normale devrait se trouver dans le synclinal du Pissoux au Nord-Ouest de la ligne qui joint ces deux cluses et qu'enfin ce grand méandre est taillé en plein dans l'anticlinal des Planchettes dont il isole une partie du flanc Nord-Ouest pour former le crêt du Châtelard.²

En face de ce problème d'inversion du relief, on peut, nous semble-t-il, envisager trois solutions dont les degrés de probabilité sont à peu près équivalents.

La première solution est celle d'une *surimposition*. Pour l'établir, il nous faut partir de l'hypothèse de Brückner et voir dans la vallée du Doubs un phénomène d'« antécédence restreinte », selon le sens du terme technique créé par Briquet. Le cours du Doubs aurait fait partie d'un réseau de drainage antérieur au cycle actuel, il aurait subi un rajeunissement à la suite du second plissement du Jura, mais serait resté, dans ses grandes lignes, adapté à la structure ancienne. Des discordances très localisées, par rapport à la structure récente, témoigneraient en faveur de

¹ Voir chapitre I (tectonique), et II (profil en long) ; les fig. 5, 6, 7, et les coupes VIII, IX, X de la planche II.

² Voir fig. 17 et 18.

S.-S.-W.

N.-E.

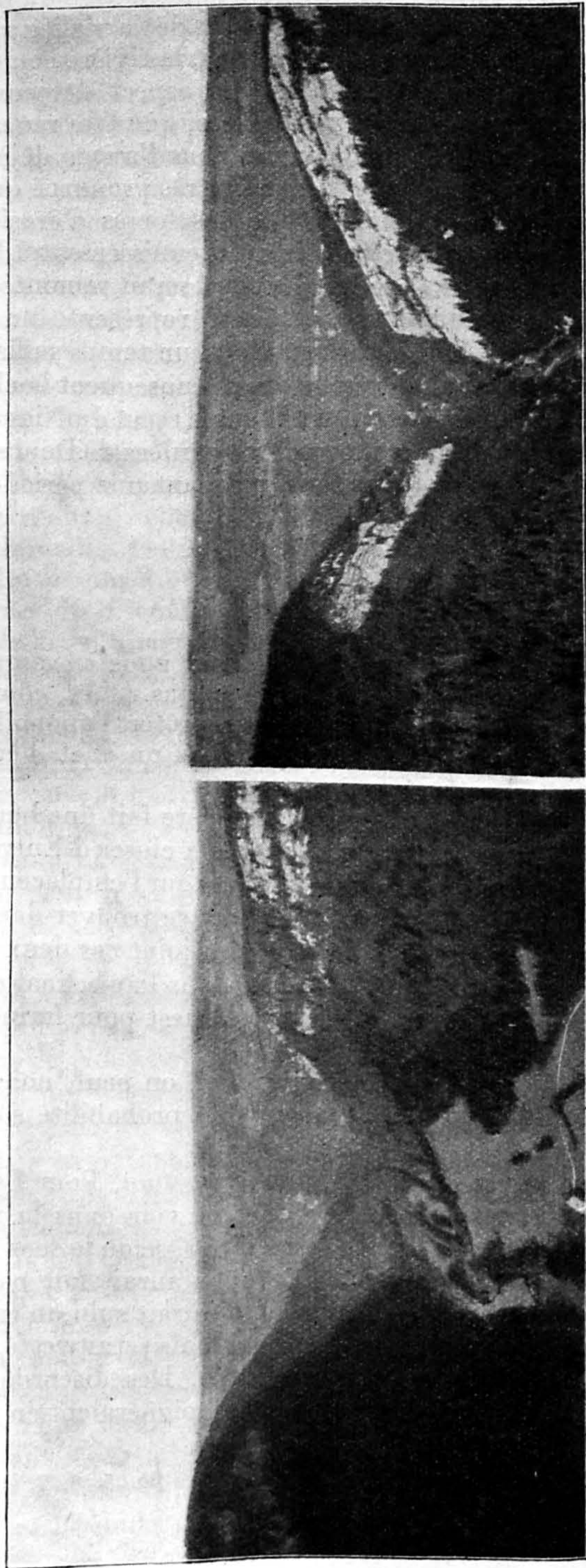


FIG. 17. — CIRQUE DE MORON.

Vue donnant l'inverse de la coupe fig. 6.
A gauche, les Recrettes.

FIG. 18. — CLUSE DU CHATELOT.

Vue correspondant à la coupe fig. 5.
A droite, la Grande Beuge.

Clichés E. Bell.

Ces deux photographies sont prises du belvédère du C. A. S. Leur juxtaposition donne un panorama du cirque de Moron vu de ce point. Au centre le Châtelard, au fond l'anticlinal bas Montot-Grand'Combe limite le paysage d'une ligne horizontale.

l'antécédence. Les méandres du lac des Brenets et surtout la boucle de Moron seraient précisément de ces discordances.

Ce grand méandre encaissé comme ceux plus petits des bassins du Doubs se seraient formés sur une surface à peu près horizontale, dans le synclinal du Pissoux alors beaucoup plus large qu'il ne l'est aujourd'hui. Le relief issu du premier plissement était formé d'ondulations lâches ou de « plis en caisse », si caractéristiques pour le Jura. La topographie générale de la région ne devait pas s'écarter beaucoup de ce qu'elle est à présent, en ce sens que l'axe des vallées et celui des chaînes devaient occuper à peu près le même emplacement, mais l'altitude moyenne devait être sensiblement inférieure. L'érosion avait sans doute décapé les anticlinaux au-dessous du crétacé et les terrains jurassiques devaient être entamés déjà jusqu'au malm inférieur, sinon même jusqu'au dogger supérieur. Seules les couches les plus profondes du crétacé subsistaient au fond des synclinaux lorsque se firent sentir les mouvements préliminaires à l'érection des Hautes Chaînes.

Ce second plissement ou cette seconde phase eut des répercussions sur tout le Plateau jurassien alors émergé et principalement dans la zone de transition que nous étudions. Outre un soulèvement général, le relief primitif aurait subi des déformations. Certains anticlinaux se seraient dédoublés au détriment des synclinaux et peu à peu des voussures se seraient dessinées à leur base et sur leurs flancs. Si l'amorce de ces voussures existait auparavant, elles auraient été accentuées. Sous la poussée tangentielle venant du Sud-Est, l'axe de la chaîne a pu subir un gauchissement transverse, ce qui favorisa la formation de cluses ou de demi-cluses dans les inflexions. Enfin certaines résistances au remaniement provoquèrent des fractures et des failles plus ou moins profondes avec charriage vers le Nord-Ouest de la clef de voûte de l'anticlinal sur son flanc inférieur ou sur le synclinal adjacent.¹

Ainsi serait né l'anticlinal secondaire des Planchettes qui, au lieu où nous sommes, n'est encore qu'une voussure au pied de l'anticlinal principal de Pouillerel. La vitesse du creusement l'ayant emporté sur celle du soulèvement, la rivière s'est encaissée sur place en surimposition vis-à-vis de la structure du sous-sol. A mesure que le crêt du Châtelard se précisait, le Doubs s'enfonçait davantage et il lui était de plus en plus difficile de couper son méandre et de reprendre son cours normal dans le synclinal du Pissoux considérablement rétréci.

La deuxième solution repose sur une *fracture*.

Supposons, à l'origine, un relief assez proche du relief actuel. La voussure anticlinale des Planchettes est parfaitement formée et le Châtelard fait corps avec elle. Le Doubs coule, en ligne droite, dans le synclinal du Pissoux, et le cycle d'érosion consécutif au premier plissement est déjà bien avancé. Survient le second plissement qui, tout en faisant surgir les Hautes Chaînes, disloque la pénéplaine : il se forme des failles et les anciennes, s'il en existait auparavant, rejouent à cette occasion.

¹ Voir coupes à travers l'anticlinal de Pouillerel, pl. II, coupes IV-XI.

Parmi ces failles, il en est deux qui nous intéressent spécialement : ce sont celles qui passent en dessous du village des Planchettes. L'une aboutit au Corps de Garde à l'Est de la Grande Beuge et l'autre, un peu plus haut, s'arrête au restaurant des Roches de Moron ; on peut les suivre en profondeur sur le versant Est du cirque jusqu'au niveau de l'argovien. ¹ Se poursuivent-elles au-dessous, c'est assez difficile à déterminer, car elles disparaissent sous les éboulis. Or, si ces failles s'interrompent brusquement, aujourd'hui, au bord des escarpements de Moron, c'est que les terrains qu'elles affectaient du côté français ont disparu par érosion et l'on semble autorisé à les prolonger dans le vide jusqu'à la cluse d'Entre-Roches et même au delà, dans l'axe de la vallée du Doubs, vers le Saut. Remarquons cependant que, jusqu'ici, aucune trace de ce prolongement n'a encore été relevée sur le versant Sud-Est du Châtelard où l'on pourrait logiquement s'attendre à le retrouver. Mais cela s'explique assez bien de deux manières : ou bien ces failles n'étaient pas très profondes et s'arrêtaient au-dessus du niveau d'érosion actuel, ou bien elles affectent encore le sous-sol, mais sont dissimulées sous les éboulis de la surface. Pour notre part, nous opterions plutôt pour la deuxième supposition. En tous cas, le prolongement de la plus occidentale d'entre elles suit exactement la crête du Châtelard et aboutit au coude du Doubs à Entre-Roches. Ce n'est là qu'un indice, mais avouons que cet indice est bien tentant.

Le compartiment limité par ces deux failles s'est affaissé en basculant vers le Nord-Ouest, comme on peut le voir au Corps de Garde, où la lèvre supérieure de la faille est formée par les couches redressées de la Grande Beuge et la lèvre inférieure par les couches à peu près horizontales du plateau des Planchettes. ² Le contact anormal se produit donc au sommet de la courbe anticlinale entre le séquanien et le kiméridgien et le rejet peut être évalué à une centaine de mètres. Signalons qu'à l'origine, le séquanien dominait le kiméridgien, mais que l'érosion a déjà fait disparaître cette différence de niveau et actuellement, c'est le kiméridgien qui domine le séquanien de quelques mètres. Nous avons donc là un phénomène d'inversion du relief, puisque la lèvre inférieure est plus élevée en altitude que la lèvre supérieure.

L'affaissement du sommet de cette voûture aurait détourné le cours du Doubs en créant sur l'anticlinal une dépression plus accentuée que celle du synclinal du Pissoux, mais il faut encore supposer que l'anticlinal était déjà bien raboté pour que cette dénivellation fût plus sensible dans la topographie. La rivière aurait ainsi abandonné son ancien lit pour passer devant le crêt du Châtelard jusqu'à l'ensellement de la Grande Beuge qui lui aurait permis de s'échapper pour rejoindre son tracé normal. Le détournement aurait d'ailleurs été favorisé de la même façon par l'inflexion axiale d'Entre-Roches.

Le méandre, une fois esquissé, se trouvait dans les meilleures conditions pour progresser. Encaissées d'abord sur une brèche de dislocation,

¹ Voir carte géologique de ROLLIER ET FAVRE.

² Voir planche II, coupe VIII.

entre les deux lèvres d'une faille, les eaux du Doubs atteignirent bientôt les couches tendres de l'argovien. Dès ce moment, la rive concave recula rapidement par éboulements successifs des étages supérieurs plus compacts que leur base composée de calcaires marneux. Cette base très friable devait être entamée d'autant plus facilement que l'érosion avait été ravivée par un soulèvement général de la région. Peu à peu la boucle s'est arrondie en suivant la loi de l'évolution des méandres et le cirque parvint finalement à sa forme actuelle. Quant au rôle des deux cluses d'Entre-Roches et du Châtelot, il est de première importance. Ce sont les deux points bas de l'axe anticlinal par où s'est établie la communication entre le synclinal à l'Ouest et le compartiment disloqué à l'Est du Châtelard.¹

Enfin les deux failles en question se prolongeant dans l'axe de la vallée du Doubs pour mourir près du Saut auraient préparé, en cet endroit, le grand éboulement de la côte suisse qui s'est produit postérieurement ; et les fissures signalées au bord du plateau des Recrettes seraient les derniers vestiges encore visibles de ces dislocations.

La troisième solution consiste à voir dans le cirque de Moron le résultat d'une *capture* par têtes de ravin. Pour cela, il nous faut couper le cours du Doubs en deux segments et supposer qu'à l'origine le drainage s'effectuait au profit de deux bassins dont les niveaux de base marquaient une différence d'altitude considérable. La ligne de faite devait passer par le milieu de la boucle actuelle du Doubs suivant une perpendiculaire à l'axe de la chaîne. Les eaux du bassin situé au Sud-Ouest de cette ligne auraient trouvé leur écoulement vers le synclinal de Villers qui constituait un bassin fermé avec lac et émissaire souterrain. Les eaux récoltées sur le bassin du Nord-Est s'écoulaient de l'autre côté du dôme du Châtelard par l'ensellement du Châtelot et le synclinal du Pissoux dans le même sens qu'aujourd'hui. En amont, au contraire, le drainage s'opérait en sens inverse jusqu'aux Brenets.

L'hypothèse que nous envisageons en ce moment a l'avantage de ne pas faire appel à un nivellement préalable, elle part des conditions tectoniques telles qu'elles sont posées par la structure actuelle. Sur notre bloc-diagramme,² nous avons considéré la contrée comme encore revêtue de son manteau crétacé sur toute sa surface. L'anticlinal des Planchettes longe celui de Pouillerel et s'y tient attaché comme une hernie jusque dans la région du Saut du Doubs où il se sépare nettement de lui et, s'abaissant vers le Sud-Ouest, il va se souder à l'anticlinal du Montot. Les synclinaux situés de part et d'autre de cet anticlinal secondaire se rétrécissent à cet endroit à mesure qu'ils s'élèvent et finissent par disparaître en l'air. En somme, ils sont en relais l'un par rapport à l'autre et le synclinal du Pissoux fait suite à celui de Villers avec une déviation vers le Nord-Ouest qui est due à la surrection du seuil bas qui joint obliquement les deux anticlinaux principaux. En outre, il y a un abaissement général de l'axe des plis vers le Sud-Ouest à partir du Châtelard jusqu'à la dé-

¹ Voir coupes schématiques (fig. 5 et 7).

² Voir fig. 19.

pression de Villers. Le portlandien, qui forme les plateaux et se trouve actuellement aux Recrettes entre 1100 et 1200 m. d'altitude, s'incline doucement vers le lac des Brenets pour s'enfoncer sous le crétacé à Chaillexon (750 m.). Dans la zone du seuil, qui sépare les deux synclinaux, le relief s'atténue et l'angle compris entre les flancs des grands anticlinaux s'ouvre vers le haut jusqu'à 180°, les deux versants n'existent plus et les couches sont horizontales de l'Est à l'Ouest tout en accusant un

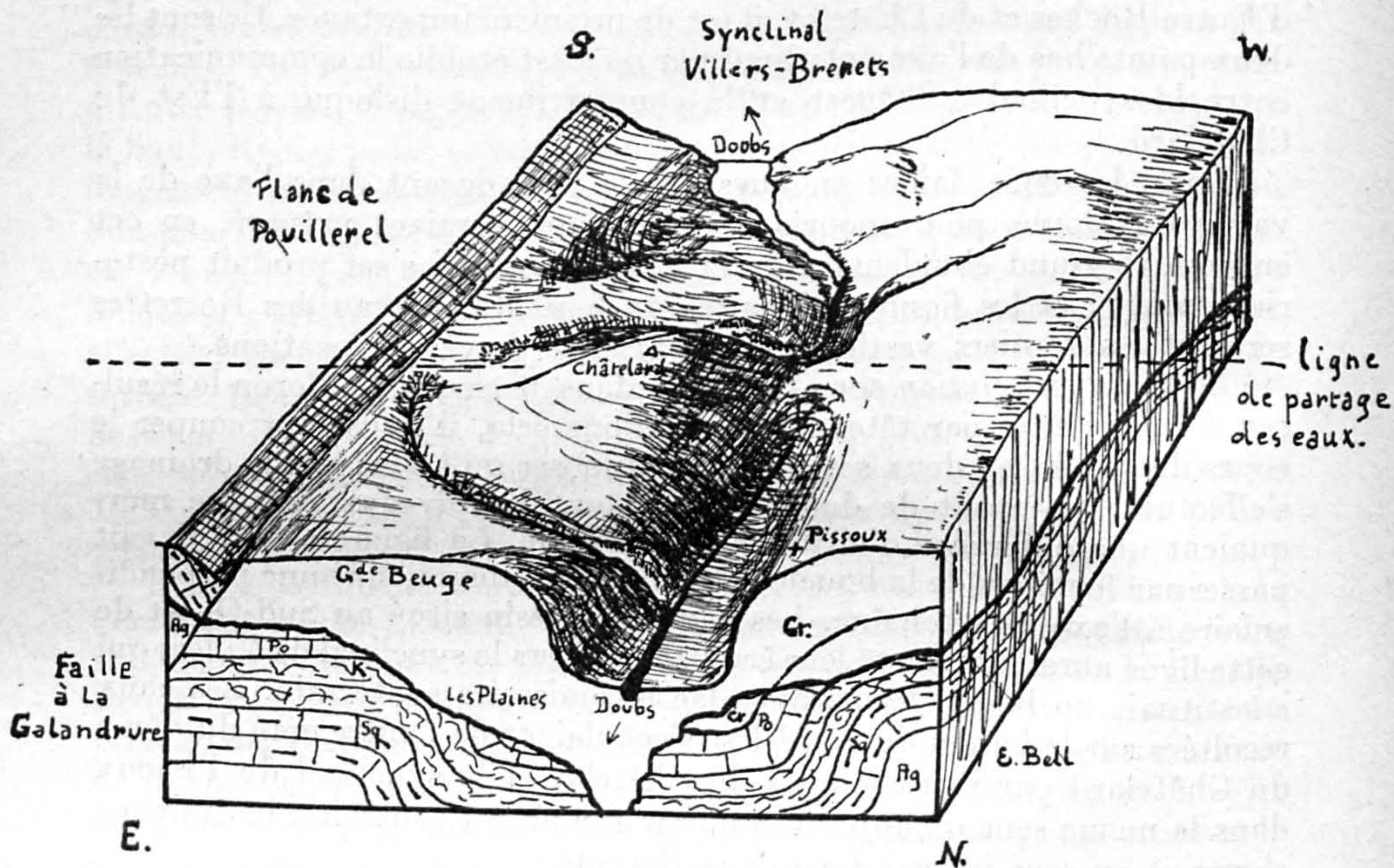


FIG. 19. — FORMATION DU CIRQUE DE MORON,

suyvant l'hypothèse d'une capture. — Le terrain est représenté au début de l'installation du réseau hydrographique, avant l'ablation de son revêtement crétacé. L'axe du synclinal du Pissoux se relève au Sud-Ouest pour s'abaisser de nouveau légèrement et se relier au synclinal de Villers. Le tronçon antérieur du Doubs débouche dans un bassin fermé, l'autre tronçon s'écoule dans le sens du cours actuel.

léger pendage vers le Sud. C'est pourquoi, à la suite de ce redressement de l'axe des synclinaux, on ne retrouve pas dans les Bassins du Doubs les couches inclinées du Châtelard.

La culmination, qui par évolution a donné naissance au crêt du Châtelard, formait primitivement une espèce de dôme bien isolé latéralement par l'ensellement de la Grande Beuge d'une part et l'inflexion d'Entre-Roches d'autre part. Derrière lui passe le synclinal naissant du Pissoux qui se rétrécit et s'élève rapidement vers le Sud-Ouest. Devant lui, on peut supposer une dépression avec un petit lac au cas où l'on admet le prolongement des failles du plateau des Planchettes.

C'est sur cette surface bosselée que s'est organisé un réseau de drainage qui s'est immédiatement localisé dans les dépressions synclinales et

les inflexions axiales. A partir de la ligne de partage des eaux que nous avons déterminée, deux artères principales s'établissent en sens opposé : l'une descend la combe d'Entre-Roches, fait un coude et, prenant la direction de la pente générale vers le Sud-Ouest, aboutit à travers le seuil bas qui joint les deux anticlinaux à la large dépression de Villers. L'autre occupe le fond du synclinal du Pissoux où, à peine formée, elle reçoit à la Forge l'affluent collecteur d'une grande part des eaux qui se déversent sur le flanc de Pouillerel. Cet affluent, par l'importance de son bassin de

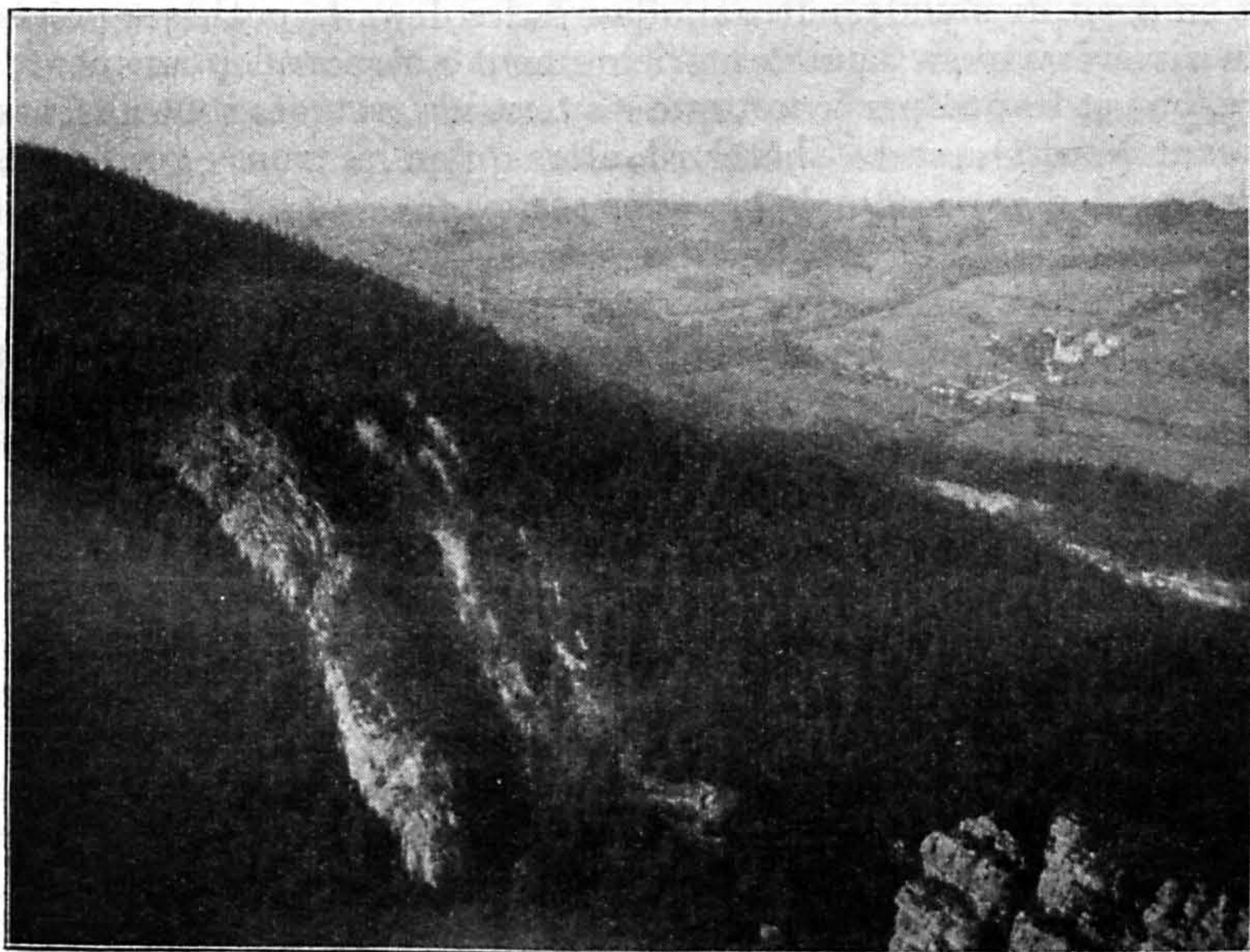


FIG. 20. — VALLÉE SÈCHE DU PISSOUX.

Cliché E. Bell.

Vue prise de la Grande Beuge dont on aperçoit un quartier de roche à droite en bas. Remontée des couches du séquanien et du kiméridgien constituant le Châtelard, dans la cluse du Châtelot. Au fond, village du Pissoux sur le crétacé, au-dessous la vallée suspendue taillée dans le portlandien.

réception, se trouve avoir un débit supérieur au Doubs lui-même en amont du confluent. Aussi la vallée ne tarde-t-elle pas à s'approfondir rapidement, à partir de ce point vers l'aval, en même temps que la cluse du Châtelot se creuse en coup de scie dans les bancs redressés de la Grande Beuge. Dès lors, la voussure secondaire de l'anticlinal des Planchettes est entamée sérieusement par deux ravins situés de part et d'autre du Châtelard, leurs têtes progressent l'une vers l'autre et finissent par se rencontrer. La partie inférieure du cours actuel du Doubs l'emporte sur le cours antérieur dont le niveau de base est situé beaucoup plus haut, le bassin septentrional étend son influence au détriment du bassin fermé. Il y a capture par ravinement, peu à peu l'équilibre s'établit, le bassin des Brenets disparaît, le lac se vide, les eaux s'écoulent désormais vers le Nord et le Doubs décrit une grande boucle à Moron.

Tandis que l'affluent latéral du Châtelot s'impose et domine l'érosion en aval de la Forge, l'artère qui draine l'extrémité du synclinal a dès le début beaucoup de peine à suivre le mouvement pour se raccorder au cours inférieur. Cette difficulté va croissant à mesure que l'affluent devient plus puissant, approfondit son lit et progresse vers le Sud. Enfin le raccord devient impossible dès que la capture est consommée, la vallée du Pissoux (fig. 20) reste suspendue et elle n'est plus arrosée aujourd'hui que par un torrent temporaire. Ajoutons, au sujet de ce synclinal perché, que l'on n'y rencontre pas de dépôts d'alluvions anciennes, comme on serait en droit de s'y attendre, si, d'après les deux hypothèses précédentes, la rivière y avait coulé antérieurement au second plissement. Par contre, on est frappé par le fait que les terrains crétacés sont absents sur le versant Nord-Ouest du Châtelard, alors qu'on les trouve sur le versant du Pissoux de l'autre côté de la vallée sèche.

Les méandres du lac des Brenets trouvent aussi leur explication dans cette troisième hypothèse. En effet, quand le cours d'eau descendant des Recrettes par Entre-Roches, avait pour niveau de base le lac qui occupait la dépression fermée de Villers, il a pu y aboutir en décrivant à son embouchure des sinuosités. Vu la proximité de ce niveau de base et l'allure mal définie du relief dans cette zone de transition, il aura tracé son thalweg en utilisant les moindres inflexions du terrain et aurait ainsi ébauché ces méandres, qui ne se seraient encaissés qu'après la capture.

En face de ces trois interprétations, nous préférons nous abstenir et ne pas prendre parti, car, parmi les arguments évoqués, certains peuvent aussi bien servir à l'une qu'à l'autre. Il est possible que les influences que nous avons envisagées séparément au cours de cet exposé aient concouru simultanément ou successivement au même résultat, c'est-à-dire à un phénomène d'inversion du relief parfaitement caractérisé. Nous n'avons en somme fait que poser le problème en déterminant au plus près les diverses possibilités de le résoudre.

Évolution des versants.

Un profil transversal, fait en un point quelconque entre Biaufond et La Forge, nous donne immédiatement un schéma du modelé des versants de notre vallée. Chacun d'eux se décompose en deux segments, le versant est debout, c'est-à-dire à peu près vertical, en bas et couché vers le haut. Nous mettons à part le cirque de Moron où la position des segments est exactement l'inverse pour des raisons que nous avons déjà indiquées.¹ L'observation ne vaut rien non plus pour la région du Saut du Doubs à cause de la physionomie spéciale qu'affecte ce tronçon à la suite de l'éboulement considérable qui s'est produit sur la rive droite. Mais cette loi se vérifie de nouveau dans les bassins du lac des Brenets. La longueur de ces segments varie d'abord d'une rive à l'autre et aussi suivant le point que l'on choisit pour y faire passer sa coupe.

¹ Voir chapitre II, et fig. 4 et 6.

Quand nous disons que le Doubs s'est taillé une gorge en cañon, cela n'est vrai en réalité que pour la partie inférieure de la vallée, à mi-côte les versants sont déjà plus évolués. Cette évolution s'effectue par une série d'entonnoirs juxtaposés qui entament le bord du plateau et progressent à ses dépens. Ils sont toujours installés sur une dislocation peu importante, diaclase ou petit décrochement. En haut se trouve une excavation « coniforme »¹ d'un rayon variable qui concentre les eaux de ruissellement, à l'extrémité de l'entonnoir et vers le milieu de la côte un étroit couloir ou « chenal de décharge » opère le raccord avec le fond du cañon. Là se trouve généralement un gradin de confluence au pied duquel s'est constitué un cône de déjection. C'est en aval des Graviers que ces formes d'érosion sont les mieux développées. En même temps que les entonnoirs élargissent leur rayon de base vers le haut, leur pointe descend de plus en plus bas si bien qu'à un moment donné la confluence se fait au niveau du Doubs, il n'y a plus par conséquent ni couloir ni cône d'éboulis. Dès que ce stade d'évolution est atteint, l'entonnoir devient ravin. Les flancs de l'entonnoir atteignent alors une pente voisine de 45° et celui-ci cesse d'étendre son rayon à la surface du plateau, il franchit la limite en un point seulement de son périmètre et remonte à l'intérieur des terres. La suite de son développement détermine la formation d'une auge ouverte vers l'aval, sur les côtés de laquelle peuvent naître des branches latérales qui évolueront suivant le même processus. Le profil en long de ces ravins est toujours très raide, le ruissellement se concentre en un point nommé par le Dr Michel « point d'appel » ; il est situé vers la partie la plus étroite de l'entonnoir dont l'axe s'est déplacé vers le haut et constitue la tête du ravin. Là commence l'érosion par les eaux courantes, tandis qu'en amont règne seul le ruissellement. Mais ces eaux courantes ne constituent jamais que des torrents temporaires, vu la grande perméabilité des calcaires. Dans la région, ces ravins sont appelés « combes », mais cette dénomination n'a aucun rapport avec leur orientation vis-à-vis du plissement.

La plus évoluée de ces combes est, sans contredit, celle de Biaufond ; son prolongement prend successivement les noms de combe de la Ferrière et combe du Valanvron. Elle forme une véritable petite vallée dont les noms changent avec la direction. Il faut attribuer son développement excessif au fait qu'elle fut occupée autrefois par un cours d'eau permanent, la Ronde, actuellement disparu en profondeur. Deux autres combes importantes, celle de la Greffière et celle de la Sombaille débouchent respectivement sur le Doubs Chez Bonaparte et aux Graviers. Elles poussent leurs têtes jusque sur le plateau des Joux-Derrière. La seconde est beaucoup plus étroite que la première, mais toutes deux servent de thalweg à des torrents temporaires qui, à l'occasion d'un orage, peuvent avoir des crues subites et charrier une masse assez considérable de matériaux. Sur les cônes de déjection s'étaient établies deux maisons

¹ Voir le processus d'évolution de ces formes d'érosion dans l'étude de G. MICHEL ET M. DE KONCZA, *Les entonnoirs et la genèse du modelé des cirques glaciaires*. Bull. Soc. neuch. de Géogr., t. XX, 1909-10, p. 129-156.

riveraines, celle de Chez Bonaparte fut emportée par le torrent lors d'un orage particulièrement violent en 1920. Aux Graviers, la maison eut à souffrir dans ses dépendances, une étable et les communs furent ensevelis sous une avalanche de pierres. De ces deux habitations, celle des Graviers subsiste seule aujourd'hui, l'autre ne fut pas relevée de ses ruines.

En amont des Graviers, ces formes de cônes d'érosion sont mieux conservées, elles sont certainement plus récentes et par conséquent moins évoluées. On y distingue parfaitement bien l'entonnoir où se concentre le ruissellement, le chenal de décharge et le cône d'éboulis. On les rencontre aussi mieux caractérisées et plus nombreuses du côté français que du côté suisse.

Sur la côte française semble dominer l'érosion mécanique. La roche y est débitée par éclats et morceaux de moyenne grandeur sous l'action du gel et du dégel pendant l'hiver, mais les écarts de température entre le jour et la nuit doivent aussi avoir leur influence durant l'été. Sur la côte suisse, au contraire, c'est le ruissellement et l'érosion chimique qui semblent l'emporter. Les calcaires s'y dissolvent par imprégnation d'humidité, les marnes restent seules et favorisent les glissements de terrain.

Cette différence dans les procédés de l'érosion sur chacun des versants doit tenir à deux causes : l'une d'ordre physique, l'autre d'ordre tectonique. La première résiderait dans l'orientation opposée des versants : la rive gauche est à l'« endroit » tandis que la rive droite est à l'« envers ». Si l'on considère en outre que la pente est très forte d'un côté comme de l'autre, on comprendra qu'il y ait là une différence d'insolation et par conséquent, jusqu'à un certain point, une différence de climat qui peut agir sur l'érosion des calcaires. En effet : l'endroit, suivant la saison et dans une même journée, est exposé à des températures extrêmes. Les affleurements rocheux se désagrègent par éclats sous l'influence de facteurs mécaniques beaucoup plus que chimiques. A l'envers, par contre, la température demeure constante tout le long du jour l'hiver comme l'été ; au cours d'une année, elle monte ou baisse progressivement. L'humidité y est latente, sauf en hiver, car le sol est alors complètement gelé depuis le mois de décembre jusque dans le courant d'avril.

Un habitant de la contrée nous a affirmé avoir trouvé de la neige durcie pendant l'été 1929, en plein mois d'août, au fond d'un ravin près de la Maison Monsieur, à une altitude de 8 à 900 m. Nous n'avons pas eu l'occasion de vérifier ce fait exceptionnel, mais nous le signalons pour montrer à quel point l'orientation peut retarder la succession des saisons. Sur le versant opposé, les dernières traces de neige avaient certainement disparu depuis des mois. A cause de son exposition si favorable en plein midi, la neige a beaucoup de peine à s'y installer ; à peine tombée, elle fond au premier rayon de soleil. Tout au plus parvient-elle à s'accumuler un certain temps au fond des entonnoirs sur le sommet de la côte.

La température de l'air sur la rive gauche est généralement inférieure à celle du sol, du moins pendant le jour. Sur la rive droite, c'est le contraire, le rayonnement des parois de rochers situées en face réchauffe

l'air ambiant, tandis que le sol reste plus froid jusqu'au moment où le soleil est assez haut pour avoir sur lui une action directe. La neige s'y amoncelle tout l'hiver et ne fond que lentement, les plateaux supérieurs en sont déjà complètement débarrassés, alors qu'il en subsiste encore une bonne quantité sur le versant resté à l'ombre. L'endroit est chaud et sec, l'envers plutôt froid et humide.

Cette humidité est permanente sur la côte suisse ; dès que se produit le dégel, elle pénètre profondément dans le sol. Les bancs marno-calcaires qui séparent toujours deux étages plus compacts en sont tout imprégnés. La corrosion se poursuit lentement mais sans arrêt, parfois des blocs énormes, cédant sur leur base, se séparent brusquement de la masse et roulent au fond de la vallée où ils s'enfoncent dans les alluvions. Il arrive aussi qu'ils rencontrent en route un palier assez large ou des arbres assez forts et assez serrés pour les retenir au bord du gouffre. Ces gros blocs aux arêtes vives, de forme vaguement rectangulaire, contribuent à donner au paysage un aspect cahotique des plus pittoresques. On les trouve un peu partout sur la rive droite jusqu'à mi-côte, le long des sentiers qui montent à l'assaut des replats du Dazenet, des Plaines et des Joux-Derrière. Sur les bords du Doubs, on pourrait même les prendre, à cause de leurs formes régulières, pour des pierres de taille abandonnées là par des carriers qui auraient renoncé à les transporter, faute de moyens en rapport avec leurs dimensions.

La corrosion s'attaque d'abord aux bancs marno-calcaires d'apparence schisteuse, mais elle s'empare aussi des roches plus dures du portlandien et du kiméridgien. Leur dissolution aboutit à la formation d'un résidu qu'on appelle, dans le pays, des « groisières ». C'est un amalgame de marne jaune-ocre dans laquelle se trouvent empâtés des débris anguleux de calcaire dont la grosseur varie entre celle d'un pois et celle des cailloux tels qu'on les emploie ordinairement pour charger les routes. C'est un produit d'érosion chimique : le calcaire, attaqué par les acides que contiennent les eaux de pluie, se dissout, le carbonate de chaux est emporté par le ruissellement et les marnes restent seules avec quelques débris plus ou moins décomposés.

De pareils gisements de « groise » se rencontrent sur tout le versant suisse, non seulement dans les côtes du Doubs proprement dites, mais aussi plus haut, moins nombreux peut-être et plus localisés comme à la Côte Perret ou à la Côte Voisin, par exemple. Ils sont toujours situés sur des pentes raides et exposées à l'ombre. On chercherait en vain des groisières sur le versant français exposé au soleil. De ce côté la roche se désagrège aussi, mais à sec, c'est-à-dire beaucoup plus sous l'influence des agents physiques que chimiques. L'humidité ne peut y avoir une part très active qu'au moment des pluies ou du dégel, son action n'est pas permanente et ne s'attaque qu'à la surface, elle cesse aussitôt que paraît le moindre rayon de soleil. Les cônes d'éboulis ne contiennent aucune trace de marne et sont entièrement constitués de pierres sèches, ce qui atteste la prédominance de l'érosion mécanique.

La deuxième cause qui marque une différence dans le modelé des versants tient à la tectonique. Les couches, en effet, d'abord sur la partie

supérieure de la côte française, puis sur toute sa hauteur, sont inclinées de 50 à 70°. Elles constituent normalement le flanc Ouest du synclinal, tandis que les couches horizontales de la côte suisse en forment le fond. Cette disposition favorise les éboulements sur la rive droite tandis qu'elle agit plutôt dans le sens de la conservation sur la rive gauche. On peut s'étonner de ce fait, mais il est parfaitement admissible si l'on tient compte que c'est en aval des Graviers que les couches sont inclinées jusqu'en bas. Dans ces conditions, un éboulement n'est possible que si la rivière, en approfondissant son lit, les sape à la base, ce qui produirait un glissement en masse. Or comme à cet endroit le Doubs, s'il creuse, n'entame que ses propres alluvions, un éboulement de ce genre n'est pas à redouter pour le moment. Du côté suisse, par contre, la position horizontale des bancs se prête à la formation de corniches en surplomb, lesquelles s'effondrent par morceaux à mesure que les bancs marneux intercalés s'effritent par corrosion. Un exemple typique de ces corniches est celui des Roches Pleureuses, près de La Forge, où le sentier se trouve à couvert sous un auvent de kiméridgien mis en saillie par la disparition d'une épaisse couche de marne sous-jacente. Nulle part, la côte française ne présente des encorbellements aussi prononcés, même dans la partie de la vallée où la structure tectonique est identique sur les deux rives.

Il résulte de cet ensemble de facteurs que, dans les mêmes conditions de structure, le versant Ouest se maintient dans un état de jeunesse mieux accusé que le versant Est. Sa pente est en général plus régulière et plus raide que celle qui lui fait face. La côte suisse en effet est plus douce, coupée de combes et de ravins, elle est aussi plus courte, parce que le plateau situé au-dessus est à une altitude inférieure à celle du plateau français. La rupture de pente qui décompose chaque versant en un segment debout et un segment couché commence beaucoup plus haut à l'endroit qu'à l'envers. Mais cette distinction n'est à faire que pour la partie en amont des Graviers, en aval le cañon s'atténue et la vallée s'élargit, le versant français d'abord, puis le versant suisse réalisent une pente uniforme du haut en bas.

Outre ces considérations d'ordre tectonique, la différence d'évolution entre ces deux tronçons provient probablement du barrage situé au Refrain. Cet éboulement, en fermant la vallée sur une certaine hauteur, a provoqué derrière lui un lac qui remontait au delà du Moulin de la Chaux. Son influence se fait d'ailleurs sentir encore jusqu'aux Graviers, comme nous l'avons vu en étudiant le profil en long. A partir de sa formation, l'approfondissement du lit du Doubs s'est arrêté et l'érosion s'est appliquée tout entière sur les versants. Comme le niveau des eaux ne baissait que très lentement, la charnière de rotation avait le temps de se déplacer relativement à celui-ci.

Les diverses influences qui ont agi ou agissent encore sur le modelé des versants se classent donc en deux catégories suivant qu'on les considère dans une coupe longitudinale ou une coupe transversale à la vallée.

I. Longitudinalement, nous distinguons la partie en amont et la partie en aval des Graviers. Dans l'une, nous avons une vallée jeune très encaissée où l'érosion sur le fond est encore très active. Dans l'autre une

vallée déjà plus mûre qui a cessé de s'approfondir et dont les flancs se renversent de plus en plus. Dans ce cas, les aspects différents de la vallée sont déterminés par des causes essentielles tectoniques et des causes accidentelles comme le barrage du Refrain.

II. Mais si, dans un profil transversal fait en un point quelconque de la vallée, nous examinons alternativement chacun des versants, nous constatons qu'ils sont soumis à des influences différentes dont la principale réside dans l'orientation. C'est pourquoi l'érosion mécanique domine sur la côte française tournée à l'endroit, tandis que ses effets sont atténués par l'érosion chimique sur la côte suisse tournée à l'envers.

Pour clore ce paragraphe, ajoutons quelques mots très brefs au sujet des influences glaciaires sur la morphologie des versants. La preuve que des glaciers locaux ont existé dans la région n'est plus à faire, puisque nous avons comme témoins les dépôts morainiques du Saut du Doubs et de Biaufond. Les hauts Plateaux environnants devaient être à cette époque de vastes névés d'où s'échappaient des langues de glace plus ou moins nourries et qui tout naturellement devaient descendre vers la vallée du Doubs. Vu l'exiguïté du bassin d'accumulation que représente le plateau de Grand'Combe et son exposition au Midi, le versant français n'a certainement pas connu de glaciers. Par contre, ils ont pu se développer plus facilement sur le versant suisse. Les flancs de Pouillerel et le plateau du Valanvron offraient aux précipitations neigeuses une surface plus considérable et des glaciers minuscules, mais réels, ont pu naître en bordure des côtes du Doubs et jouer un certain rôle dans leur évolution. Ils ne sont peut être pas étrangers au développement des combes les plus poussées. De même ont-ils collaboré à la formation des petits cirques rocheux qui découpent le bord du plateau tout le long des côtes de Moron et au bas des Plaines jusqu'au-dessus des Moulins de la Chaux. Ce sont actuellement des têtes de ravins dont la forme peut être expliquée en partie par la nature des roches, le portlandien et le kiméridgien, et par la position subhorizontale des couches. Mais il n'est pas impossible que des influences glaciaires, se substituant au ruissellement, aient ainsi camouflé d'anciens entonnoirs. Depuis lors, une reprise de l'érosion normale aurait fait disparaître toute autre trace de l'action transitoire des glaciers, ne laissant subsister que des formes générales, mais suggestives. Certains de ces hémicycles sont caractéristiques, telles les deux pointes qui mordent la côte de l'Escarpineau, celles de la Grande Cave, enfin et surtout le petit cirque bien dessiné au-dessus de la source du Torret, au lieu dit Sur la Roche.

Nulle part sur le versant français, les entonnoirs ne nous montrent une semblable évolution, même là où les conditions tectoniques sont symétriques par rapport au versant suisse. La différence d'orientation qui fait prévaloir l'érosion mécanique d'un côté et l'érosion chimique de l'autre ne suffit pas à l'expliquer, car dans ce cas c'est plutôt le contraire qui devrait avoir lieu. L'érosion mécanique pourrait justifier l'existence de ces cirques qui ne peuvent résulter de la corrosion. Or, c'est précisément du côté où l'érosion chimique l'emporte sur l'autre que ces formes se sont développées.

Érosion karstique.

Au cours de ce qui précède, nous avons eu l'occasion de signaler déjà quelques phénomènes karstiques. Nous avons rencontré ce mode d'érosion au sujet des pertes et des résurgences dans le lit du Doubs qui sont en rapport avec la circulation des eaux souterraines, comme d'ailleurs les sources françaises en aval du Saut du Doubs, celles de la Maison Monsieur et de Biaufond. Nous venons aussi de dire un mot des groisières qui sont une forme de corrosion superficielle. Il est encore d'autres formes du karst telles que les lapiés, les dolines, les tourbières ; ce sont elles qui feront l'objet de ce paragraphe.

Contrairement à l'opinion de Hettner et de Machatschek qui exagèrent l'influence de l'érosion karstique au point d'y voir dès le début l'agent principal du modelé calcaire, nous croyons plus volontiers, avec Chabot, que ce mode d'érosion est relativement récent dans le Jura.¹ Son installation dans la région qui nous intéresse serait postérieure au plissement définitif, son développement aurait été favorisé par l'abaissement du niveau de base. Jusque là l'érosion normale dominait conjointement avec une dénudation subaérienne. Sous l'action des agents atmosphériques, les premières manifestations du cycle karstique apparurent sous la forme d'une décomposition des calcaires en surface. Outre un niveau de base trop proche, le principal obstacle à l'extension du phénomène en profondeur résidait dans l'intercalation de couches marneuses entre les bancs de calcaire compact. Les dislocations concomitantes ou consécutives au second plissement facilitèrent l'organisation d'un réseau souterrain. Des ouvertures absorbantes s'établirent sur les failles et les eaux purent désormais s'infiltrer en profondeur et circuler d'un étage à l'autre, puisque ces fractures avaient rompu la continuité des couches imperméables.

Quelle est actuellement l'extension de ce réseau souterrain ? Étant donnée l'absence totale d'écoulement permanent à la surface des paliers étagés sur les deux rives du Doubs, on peut en déduire que ce réseau doit avoir acquis déjà une certaine importance. D'autre part, la présence de certaines formes, telles que les lapiés, les combes et les vallées sèches qui donnent asile à des torrents temporaires, les cônes et entonnoirs qui bordent les côtes du Doubs, sont l'indice que le ruissellement superficiel et l'érosion normale ont encore une influence active dans l'évolution morphologique de la contrée.

La surface collectrice de la plus grande partie des eaux d'infiltration et sur laquelle s'organise le drainage souterrain doit être placée au niveau du séquanien qui contient des bancs marneux assez épais ou de l'argovien, imperméable par excellence. C'est en effet dans le séquanien qu'apparaissent la plupart des sources qui débouchent dans la vallée du Doubs : le Bied du Locle à la Rançonnière, les sources françaises d'Entre-

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 239 et suivantes.

Roches, les deux petites sources du cirque de Moron, le Torret, celles de la Maison Monsieur ; quant à celles de Biaufond, elles sortent dans l'argovien. Cette surface recueille les précipitations absorbées par les étages du malm supérieur qui constituent la majeure partie de la couverture sédimentaire.

Les affleurements du dogger qui forme le noyau anticlinal des plis doivent alimenter un niveau de base inférieur et plus ou moins indépendant du premier, en absorbant les précipitations qui tombent sur toute la crête de Pouillerel. Constitué principalement par les calcaires purs et très perméables du bathonien, cet étage contient cependant des intercalations marneuses susceptibles de retenir sur des plans différents les infiltrations avant qu'elles ne parviennent jusqu'au lias.

On peut donc, sous chacun des synclinaux qui bordent la chaîne de Pouillerel, supposer l'existence de deux nappes souterraines superposées. ¹ La nappe supérieure affleure dans la vallée du Doubs avec le séquanien et l'argovien, tandis qu'elle reste en profondeur sous les vallées du Locle et de La Chaux-de-Fonds. La nappe inférieure, elle, demeure enfouie sous toute l'étendue du territoire que nous envisageons. Ces deux étages de galeries peuvent communiquer entre eux le long des lignes de failles. Pourtant ce qui subsiste du ruissellement superficiel nous indique que la capacité des orifices absorbants et des canaux souterrains est inférieure au volume des précipitations reçues à la surface à certains moments. Quand les calcaires sont saturés d'humidité et que toutes les fissures sont remplies d'eau, le ruissellement reprend ses droits.

Enfin, ce réseau doit être par endroits assez rapproché du sol et influencer son évolution, en particulier dans les combes. Les cavités souterraines échappent le plus souvent à l'observation directe, nous n'en connaissons pas les orifices, sauf peut-être pour quelques emposieux sur la crête de Pouillerel, lesquels dégénèrent en gouffres, assez peu profonds d'ailleurs, et pour l'entrée des pertes de la Ronde explorée et décrite par Schardt ² ainsi que les grottes de la Toffière et des Faux Monnayeurs, près des Brenets. Revenons à la surface et passons à l'analyse des autres phénomènes karstiques qui s'y manifestent et qui sont plus accessibles à l'observation.

Les lapiés. — Assez nombreux dans notre région, ils occupent cependant des espaces restreints et sont en général peu développés. Ils prennent des formes différentes suivant la position plus ou moins inclinée des roches qu'ils modèlent. On les trouve de préférence sur les bancs horizontaux du portlandien et du kiméridgien qui revêtent le dos de la voussure anticlinale des Planchettes depuis les Recrettes jusqu'aux Joux-Derrière. Sur le versant Sud-Est de Pouillerel, ils sont moins développés, car les couches du kiméridgien et du portlandien y sont peu apparentes et très redressées, mais, de ce côté, ils affectent aussi, par

¹ Par nappe, nous entendons moins ici une surface continue qu'un niveau géologique sur lequel se constitue le réseau de circulation souterraine. Sa profondeur varie avec celle de l'étage imperméable qui lui sert de support.

² SCHARDT, *Le cours souterrain de la Ronde*. Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXXVII, 1909-10, p. 364.

endroits, le séquanien. Enfin on les retrouve dans les mêmes conditions qu'aux Planchettes sur tout le plateau des Bulles et du Valanvron.

Une première forme de lapiés est celle des *lapiés en gradins* (fig. 21). Une rupture de pente, assez faible parfois, qui recoupe les strates à peu près horizontales de bancs durs de 20 cm. à 1 m. d'épaisseur séparés par des niveaux marneux épais de quelques centimètres seulement, suffit à provoquer leur installation. La roche se désagrège par la tranche des couches suivant une section verticale. Chaque niveau marneux marque un petit palier plus ou moins large et couvert de gazon. Le dos des couches est ainsi protégé par une légère couverture imperméable qui

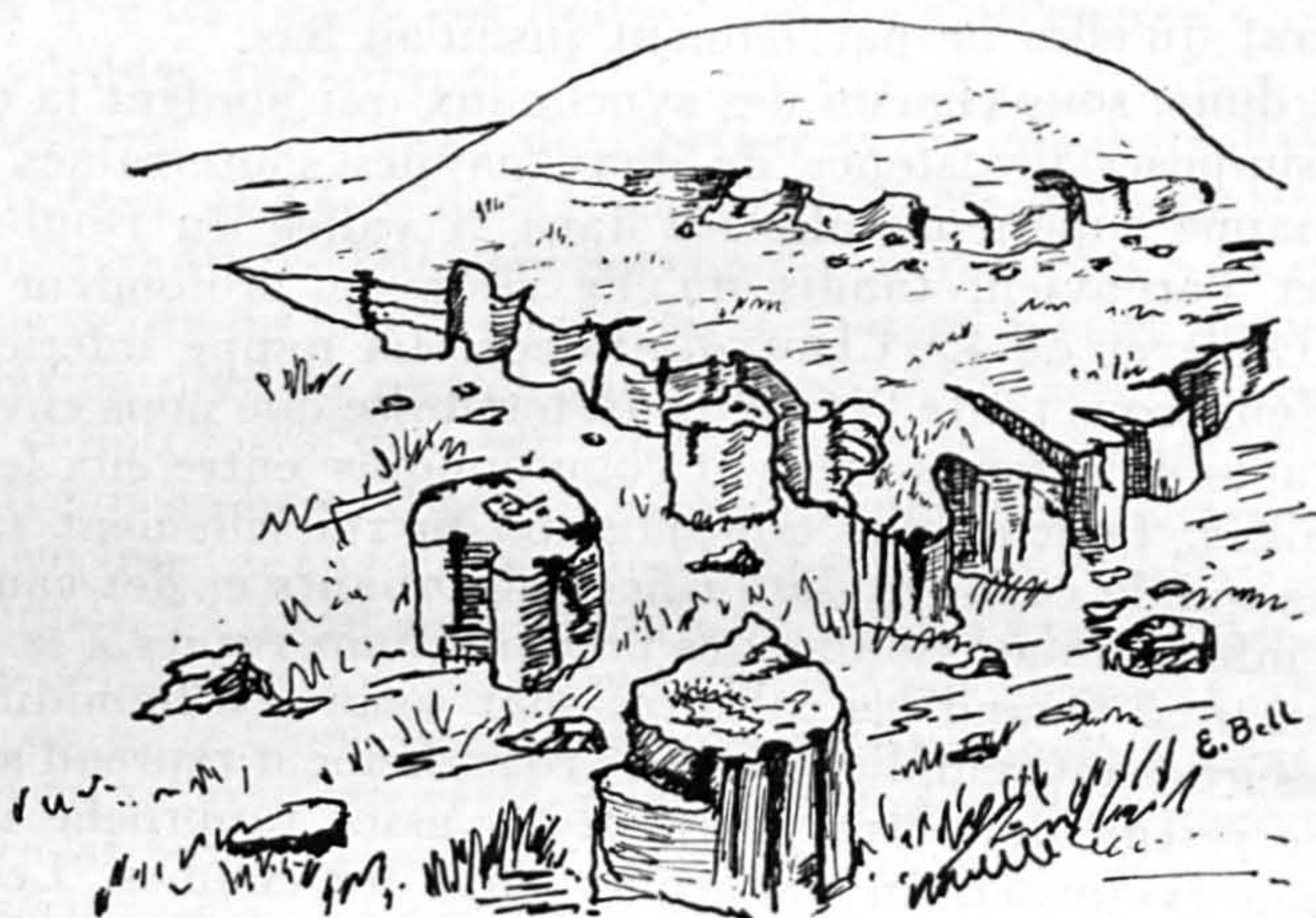


FIG. 21. — LAPIÉ EN GRADINS.

Le dos des couches est gazonné ; l'érosion entame la roche par la tranche.

s'amincit comme une lentille vers les bords. La frange de cette couverture s'effiloche, si l'on peut s'exprimer ainsi, et laisse apparaître le calcaire nu, aussitôt entamé par la corrosion. En bordure de chaque palier se forment de petits cheneaux qui s'approfondissent sous l'action du ruissellement jusqu'au niveau marneux qui sépare ce palier du suivant. Ainsi prennent naissance des fentes qui s'élargissent et découpent le bord des couches. L'intersection de deux fentes isole des blocs assez gros dont certains peuvent avoir 1 m³ et qui ont une forme cylindrique ou cubique. De cette manière, le périmètre de la couche primitive se réduit de plus en plus, les blocs restent en avant et marquent l'ancienne limite. Peu à peu ceux-ci se corrodent sur place et finissent par disparaître sans laisser d'autres traces que quelques débris épars bientôt enfouis dans l'humus et sous les dépôts de « terra rossa ». Nous avons trouvé un lapié de cette sorte au Sud-Ouest des Quatre Cheminées dans la combe où passe le chemin des Planchettes à la Galandrure, un peu en contrebas de celui-ci, exactement à la cote marquée 1128 m. sur la carte Siegfried. Il est constitué par deux ou trois couches superposées de portlandien, dont la plus inférieure est la plus épaisse. Les paliers sont larges de quelques

mètres et la tranche des couches peut mesurer de 30 à 50 cm. d'épaisseur.

Une autre forme que nous avons observée aux Recrettes, mais qui se rencontre un peu partout là où la roche affleure en couches légèrement redressées, est celle des *lapiés de crêts* (fig. 22). Les bancs durs sont mis en saillie et forment des alignements parallèles de petites crêtes en dents de scie. La tranche des couches généralement peu apparente est enfouie sous les produits de décomposition qui constituent une mince couche d'humus. Par contre la roche est à nu sur le dos des couches qui sortent de terre comme des vagues pétrifiées. Le ruissellement y creuse de petites rigoles, peu profondes, suivant la ligne de plus grande pente. Entre deux lignes de crêtes, la tranche des couches forme de petits vallonnements

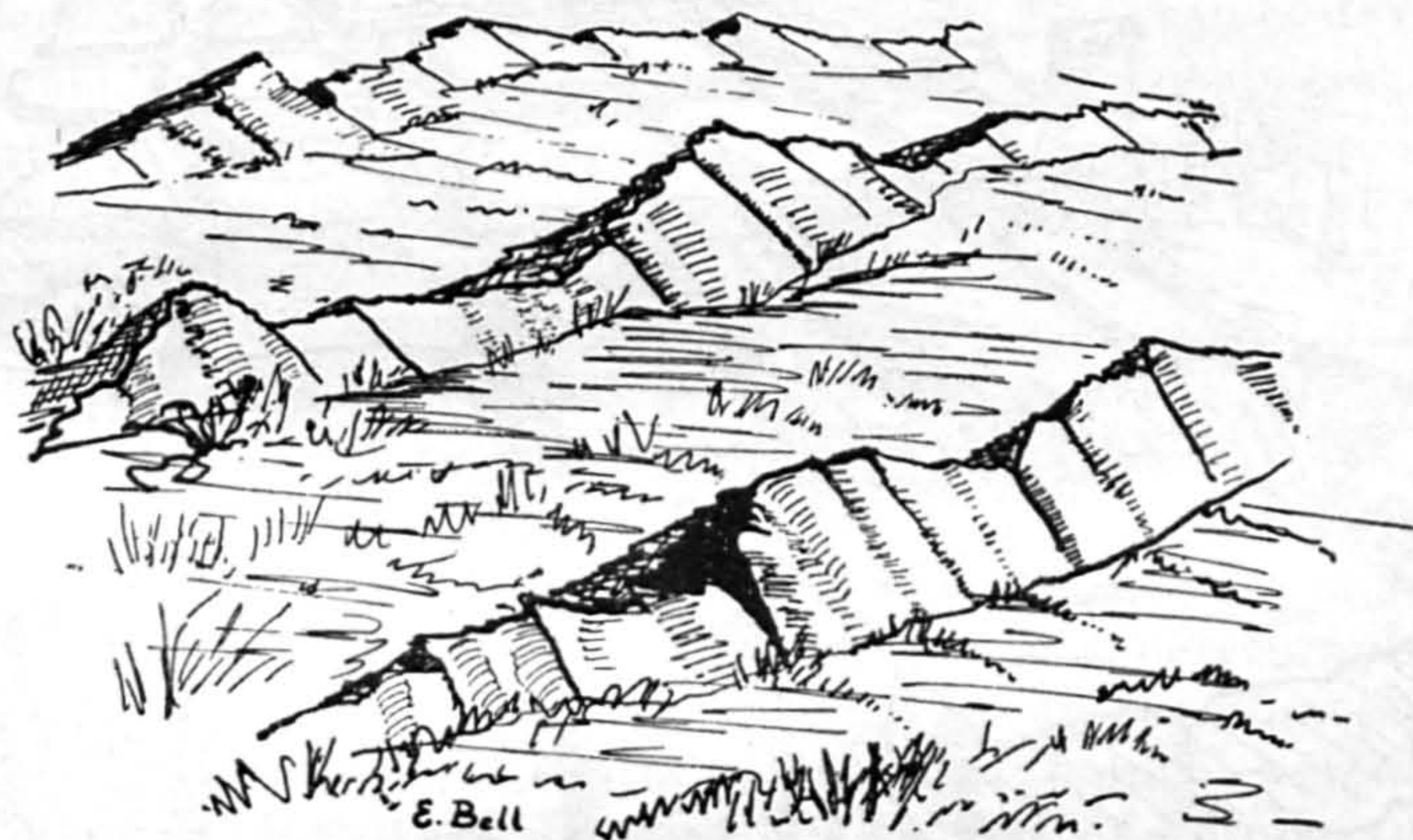


FIG. 22. — LAPIÉ DE CRÊTS.

Le dos des couches est à nu et cannelé ; la tranche est dissimulée sous le tapis végétal.

gazonnés, plus ou moins larges suivant l'épaisseur des bancs. Ce genre de lapiés peut se rencontrer aussi bien sur un plan horizontal, comme aux Recrettes, que sur un plan incliné, pourvu que la surface d'érosion recoupe des bancs en position redressée. Ils se distinguent des premiers en ce que le tapis végétal recouvre ici la tranche des couches, tandis que c'est leur dos qui dans l'autre cas est protégé par lui. La roche se désagrège sur toute la surface en contact avec les agents atmosphériques, mais leur action se fait sentir surtout sur la crête qui s'effrite par petits fragments.

Enfin la forme la plus commune des lapiés de notre région est celle des *lapiés en damier* (fig. 23). On les trouve exclusivement sur les bancs sub-horizontaux du portlandien et du kiméridgien, où ils occupent des surfaces discontinues mais assez importantes. Le dos des couches coïncide, dans ce cas, à peu près avec la surface topographique. La roche affleure sous la forme de grandes dalles nues, sillonnées de rainures assez régulières et gazonnées, plus ou moins profondes et plus ou moins larges suivant les lieux. Ces raies s'entrecroisent d'après un angle constant très proche de l'angle droit, ce qui justifie le terme de lapiés en damier que nous adoptons pour les caractériser.

L'aspect général d'un lapié de cette sorte est celui d'un cimetière abandonné dans lequel les pierres tombales usées par le temps sont envahies par l'herbe des allées. Il ne faudrait pas cependant se laisser tromper par les apparences, car la végétation doit plutôt jouer ici un rôle actif dans l'évolution du lapié. Loin d'être un facteur de nivellement, elle aide au contraire au développement des fissures par l'émission d'acides organiques qui favorisent la corrosion en profondeur. Les raies de séparation, tout en s'élargissant, se creusent davantage et les blocs calcaires tendent à devenir de plus en plus saillants. Le ruissellement

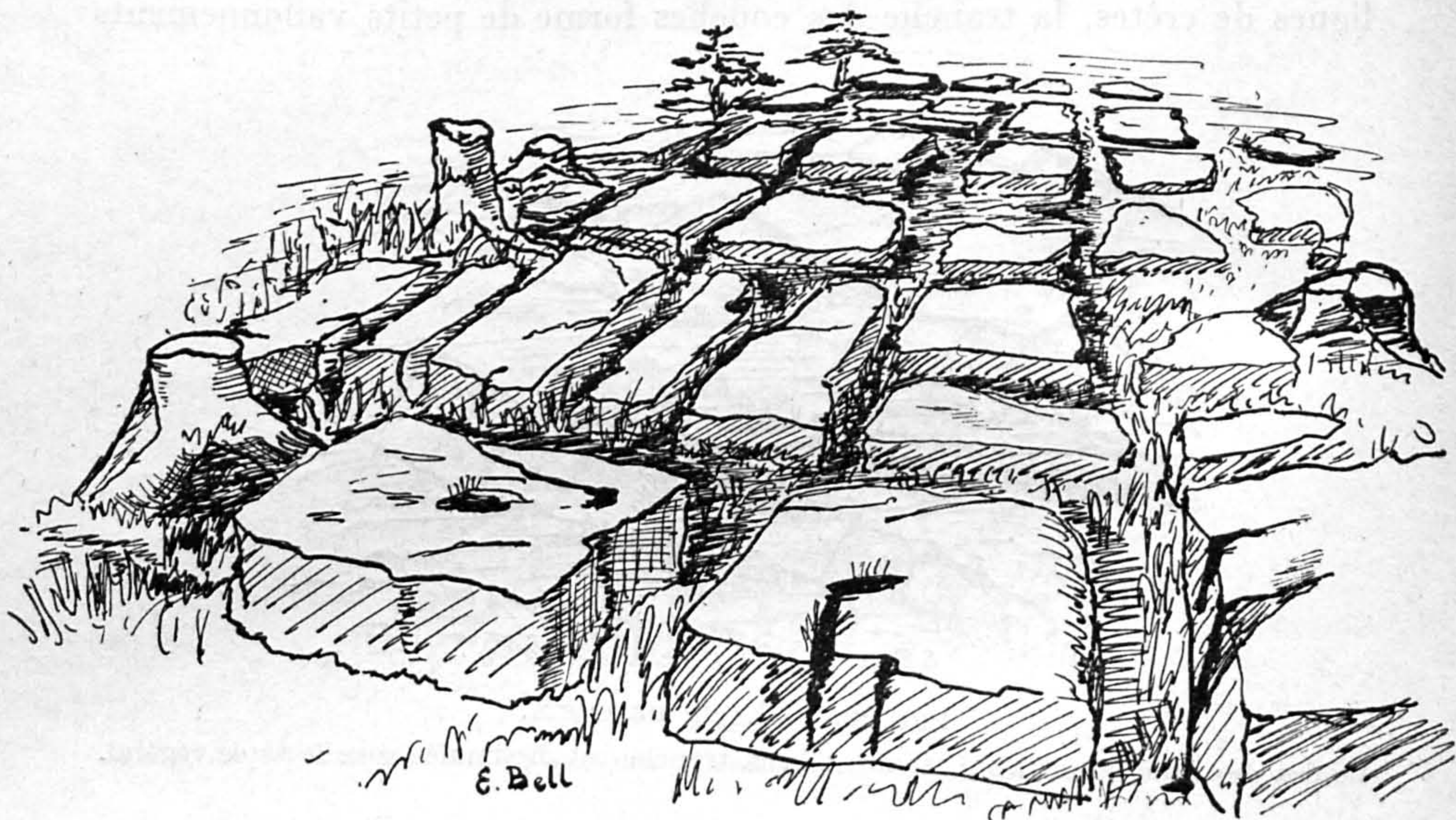


FIG. 23. — LAPIÉ EN DAMIER.

Clivage suivi d'érosion. La régularité des découpures et la forme géométrique des blocs sont un peu exagérées, mais on trouve dans la forêt des lapiés qui répondent assez bien à ce schéma.

dissout peu à peu la surface de ces blocs, il s'y forme des trous d'érosion et leur tranche est souvent striée de cannelures. Les eaux de pluie sont canalisées par ce dédale de rigoles, mais le ruissellement n'a pas assez de force pour emporter la terre végétale qui s'y trouve et empêcher l'herbe d'y croître. Cette maigre végétation suffit à maintenir en permanence dans ces sillons une certaine quantité d'humidité, laquelle concourt à leur développement de même que la neige qui s'y conserve plus longtemps.

L'extension des lapiés est certainement une conséquence du défrichage. On les rencontre, en effet, presque toujours dans les pâturages et les clairières, rarement dans la forêt. Pourtant, il en existe un caractéristique en lisière du Bois de Ville au-dessous des Planchettes. Il est situé sur une rupture de pente et appartient à la dernière des formes que nous venons de décrire. Tandis que sur les pâturages, les sillons sont en général

peu profonds, 20-50 cm., ils atteignent 1 m. et plus dans la forêt. En outre, les blocs en saillie et les bourrelets rocheux sont partout ailleurs enracinés sur la roche en place ; ici, par contre, on en trouve qui ont été séparés de leur substratum. Il faut attribuer le développement extraordinaire du lapié en profondeur aux racines des arbres qui s'insinuent dans les fentes et font au besoin sauter la roche, de même qu'à la présence d'une quantité plus grande d'acides organiques. Cependant nous croyons qu'un lapié à ses débuts ne peut pas se constituer dans une forêt. La première condition nécessaire à son établissement est en effet le ruissellement sur la roche nue. Or l'humus dans une forêt est stabilisé par les racines des arbres et du sous-bois qui la constituent, ce qui empêche la réalisation de la condition indiquée. Par ailleurs, la végétation elle-même est un sérieux obstacle au ruissellement. On peut admettre, au contraire, très facilement que la forêt empiète sur un lapié. Des graines de conifères, par exemple, peuvent très bien germer dans les sillons gazonnés d'un lapié de pâturage ; c'est ce qui a dû se produire pour celui que nous avons observé. Ajoutons que, dans le cas particulier du lapié de forêt, les blocs sont entièrement tapissés de mousse et que dans les interstices croissent à l'abri des sapins toute une gamme de fougères, de ronces et d'arbustes qui font un sous-bois des plus variés.

Dans son *Traité de Géographie physique*, Emm. de Martonne,¹ s'appuyant sur les travaux de spécialistes, entre autres sur ceux de Cvijic, attribue à des diaclases le système quadrillé des fentes qui morcellent la surface dans ce genre de lapiés. Mais d'après les pétrographes et les minéralogistes, nous aurions là simplement les traces d'un phénomène physico-chimique d'après lequel les roches, tout comme les cristaux, sont disposées à se cliver suivant des plans déterminés.² L'intersection de ces plans de clivage avec la surface topographique créerait ces formes particulières d'érosion.

De toutes manières, les lapiés sont essentiellement des produits de la désagrégation chimique des calcaires, mais leur développement suppose, à l'origine du moins, une telle action de la part des eaux de ruissellement que l'installation de lapiés naissants n'est plus possible aujourd'hui. Les conditions ont changé, l'état actuel de perméabilité du sol, la couche d'humus ou l'épaisseur croissante des déchets de décomposition, enfin le tapis végétal entravent l'effet du ruissellement sur la roche nue. Les lapiés que nous rencontrons dans le Jura sont des ruines qui témoignent de leur ancienne extension. Si, dans certains cas, ils se développent encore en profondeur grâce à l'action dissolvante d'acides organiques d'origine végétale, ils perdent certainement en étendue.

D'autre part, il nous faut signaler que l'homme, par son intervention directe, s'efforce souvent de les supprimer. Dans le Jura suisse tout au moins, le paysan, petit propriétaire, cherche par tous les moyens à donner plus de valeur à ses terres et il n'est pas rare qu'il amende son pâturage en enfouissant les lapiés qui s'y peuvent rencontrer sous des détritiques de

¹ EMM. DE MARTONNE, *Traité de Géographie physique*, p. 656.

² On en connaît des exemples certains : le « Quadersandstein » de Saxe entre autres.

toutes sortes et qu'il recouvre le tout d'une couche de terre rapportée. Il peut même arriver qu'il les fasse sauter tout comme il arrache les vieux troncs pour niveler le terrain.

Les auteurs qui se sont occupés de ces phénomènes attribuent à l'enneigement une grande influence sur le modelé des lapiés. Ils supposent, en outre, que durant la période glaciaire, les glaciers du Jura ont pu râcler la surface et entraîner la terre meuble, laissant la roche à découvert après leur disparition. « Il en résulte, dit Chabot, que les lapiés dont nous observons aujourd'hui les restes, ne remontent pas au delà de l'époque glaciaire. »¹ Emm. de Martonne conclut de son côté : « Le Jura et les Causses ont dû développer leurs lapiés dans des conditions de climat différentes des conditions actuelles, pendant les oscillations climatiques du Quaternaire. »²

Nous pouvons donc supposer que les lapiés que nous avons observés datent de cette époque. Recouverts un certain temps par la végétation forestière qui succéda à la dénudation immédiatement postglaciaire, ils ont été remis à jour après le défrichement.

Les emposieux. — C'est ainsi que l'on nomme, dans le pays, les dolines qui sont une des formes essentielles de l'érosion karstique. Chabot en fait la principale caractéristique du paysage jurassien. Si l'observation vaut pour les Plateaux du Jura central, elle ne s'applique pas avec la même force à la région que nous étudions. Ces formes y sont en effet très localisées et se trouvent toujours à la limite de deux terrains de nature différente, surtout entre le malm inférieur et le dogger supérieur, sur les flancs et sur la voûte de l'anticlinal de Pouillerel. Comme Favre l'a déjà noté, elles constituent à cet endroit des séries linéaires, « grâce à l'imperméabilité des marnes du niveau des calcaires roux sableux et la dissolution facile des calcaires blancs très purs du bathonien supérieur ». ³

Les emposieux sont eux aussi des phénomènes d'érosion chimique. Mais tandis que, pour les lapiés et les groisières, la corrosion est toute superficielle, ici ses effets se font sentir beaucoup plus profondément. Ce sont ordinairement des dépressions en forme d'entonnoirs, dont les parois sont tapissées de gazon. Suivant la nature des terrains qu'ils affectent, les parois sont plus ou moins raides, parfois même verticales. Ils évoluent dans ce cas sous l'action simultanée des agents mécaniques aussi bien que chimiques.

Nous pouvons dès lors les classer en deux catégories en distinguant les entonnoirs gazonnés des cuvettes rocheuses et des puits d'érosion. Ces formes sont toujours situées très haut. On les trouve surtout sur le flanc Nord-Ouest ou même sur le sommet de la chaîne, mais les unes affectent principalement l'argovien, tandis que les autres se développent uniquement dans les bancs de la dalle nacrée et du bathonien supérieur. Ces dernières ont été décrites par Favre dans son étude sur *Les Environs*

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 255-57.

² DE MARTONNE, *Traité de Géographie physique*, p. 657.

³ J. FAVRE, *Les Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. *Eclogae geol. Helvet.*, t. XI, mai 1911.

du Locle et de La Chaux-de-Fonds et d'une manière plus détaillée dans sa *Monographie des Marais de Pouillerel*.¹ Leurs dimensions varient tant par le diamètre que par la profondeur ; certaines sont bien de véritables dolines, la plus grande d'entre elles est citée par Favre qui lui attribue 200 m. de diamètre et 30 m. de fond. Elle est au Sud-Est de la Maison Blanche (ferme sur Pouillerel). Ce sont là des formes très évoluées et en train de se combler que l'on ne rencontre que rarement sur notre territoire ; elles se présentent sous l'aspect de grandes cuvettes, à peu près circulaires, à fond plat, avec des ruptures de pentes sur les bords seulement, au niveau des calcaires roux sableux et de la dalle nacrée. La plupart du temps, nous avons plutôt affaire à des puits aux parois verticales et d'un diamètre de 4 à 10 m., lesquels sont en relation avec des fissures. Les plus profonds peuvent avoir 10 à 15 m., ils se trouvent dans le voisinage immédiat de marais bombés. Ce sont eux que Favre a spécialement étudiés, il en donne des schémas et des coupes très intéressantes. Ils se développent dans des conditions très spéciales de stratigraphie et sont déterminés par l'affleurement du bathonien en position presque horizontale sous une épaisse couche de marne du Furcil coupée en biseau par la surface topographique. Ils s'agrandissent au détriment du marais situé sur les marnes grâce à l'action corrosive des eaux sursaturées d'acides qui en sortent. Amorcés sur des fentes ou diaclases d'origine tectonique, fentes parfois isolées, mais souvent entrecroisées et convergentes, ces puits se sont développés d'abord en élargissant ces fissures primitives, ils prennent ensuite les formes les plus irrégulières. Les uns ont une ouverture très étroite et s'excavent en profondeur, d'autres au contraire s'ouvrent largement vers le haut et, sur un fond à peu près plat, se trouve emboîté un puits plus étroit qui descend quelques mètres plus bas. Ce prolongement vertical marque l'emplacement de la fissure originelle et il se trouve généralement sur le bord opposé au marais.

L'évolution d'un puits s'effectue d'une manière très inégale.² L'érosion mécanique joue ici un rôle important, elle s'ajoute à la corrosion et travaille plus vite dans le sens horizontal que l'érosion chimique qui semble travailler seule dans le sens vertical. Les deux phénomènes réagissent l'un sur l'autre, mais l'érosion chimique finit par l'emporter, ses débris s'accumulent sur le fond qui cesse de s'approfondir, tandis que l'évolution se poursuit à la surface. Dès que le diamètre devient un peu grand, la végétation s'installe sur le fond et l'ensemble prend l'aspect d'une doline ordinaire où la roche n'affleure plus que par endroits, sur les bords. Mais tous n'arrivent pas à ce stade de maturité, il en est qui sont comblés beaucoup plus tôt.

Ces puits sont en somme des formes très spéciales liées à la présence des marnes du Furcil et des marais bombés. On les rencontre très nombreux à la lisière Ouest des marais situés au-dessus du Crêt du Locle. Favre en a compté une trentaine sur une distance de 500 m. tout le long

¹ FAVRE ET THIÉBAUD, *Monographie des Marais de Pouillerel*. Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXXIV, 1905-07.

² Voir fig. 24, coupes et schémas de Favre.

du Grand Saignolis. Généralement à sec, ces puits peuvent cependant contenir des eaux stagnantes au moment de la fonte des neiges ou après des pluies abondantes. On trouve de l'eau même en temps ordinaire au fond de certains trous vers le Basset et la Ferme Modèle, ce qui fait supposer que les canaux d'évacuation sont très étroits.

En dehors des conditions spéciales que nous venons d'indiquer, les dolines rocheuses du dogger sont de petites dimensions et peu profondes. Elles coïncident assez souvent avec l'emplacement d'un bouquet d'arbres ou de buissons dont la présence n'est pas étrangère à leur développement, l'acide humique favorise la corrosion soit sur le fond soit sur les bords suivant la place qu'occupent ces végétaux. Sur le flanc Nord-Ouest en particulier ces trous d'érosion sont presque toujours bordés de sapins et le fond de la cuvette est toujours très humide.

Généralement asymétriques, les dolines évoluent diversement suivant la place qu'elles occupent par rapport à l'axe de la chaîne, suivant l'orientation, la pente du terrain, la nature et l'inclinaison des couches qu'elles affectent, la présence ou l'absence de végétaux sur le fond ou dans leur voisinage immédiat. Il est impossible de dégager une loi générale de leur évolution et chaque cas devrait être analysé séparément. Cependant, on peut tout de même vérifier la règle énoncée plus haut et d'après laquelle les emposieux sont alignés sur la limite de deux terrains différents, que ces terrains soient en position normale ou disloquée. Ces alignements marquent les affleurements des divers étages du dogger qui se succèdent sur les flancs de l'anticlinal parallèlement à son axe. Une rangée transversale de cuvettes, déjà très évoluées, avec de petites parois rocheuses et un fond de marécage soulignent les décrochements qui coupent la chaîne au Haut des Combes.

Les emposieux proprement dits, suivant l'expression régionale, sont plutôt en forme d'entonnoirs herbeux et se rencontrent surtout sur l'argovien, mais ils sont loin d'être aussi nombreux que ceux que nous venons de décrire. Leur pourtour est presque toujours libre, c'est-à-dire dépourvu d'arbres et leur fond est généralement sec, mais ce qui les caractérise, c'est l'absence d'affleurements rocheux, leurs parois sont plus ou moins fortement inclinées, cela dépend de l'état de leur développement. Les formes jeunes marquent une légère inflexion, puis l'inclinaison s'accroît à mesure qu'ils grandissent pour s'atténuer de nouveau dès qu'ils ont dépassé un certain rayon. Dans tous les cas, le raccord entre les dépressions qu'ils constituent et la surface générale se fait toujours très doucement, aucune rupture de pente brusque, ni gradin comme sur les bords des dolines du dogger, les formes sont au contraire très arrondies à la périphérie, mais la pente augmente avec la profondeur.

Ces formes superficielles doivent être en étroite dépendance avec des phénomènes de corrosion souterraine, ¹ elles ne font que traduire à la surface l'état de décomposition plus ou moins avancé des calcaires sous-

¹ Voir ce que dit CHABOT au sujet de l'influence des eaux souterraines sur le modelé, *Les Plateaux du Jura central*, p. 257 et suivantes.

jacents. Sous les couches inclinées de l'argovien qui revêtent les flancs de l'anticlinal s'organise le drainage souterrain des eaux météoriques récoltées sur tout le bassin du dogger. Des vides résultant de la décalcification doivent se former dans les bancs perméables des calcaires compacts, d'abord au niveau de la dalle nacrée et des calcaires roux sableux entre l'argovien et les marnes du Furcil, puis, sous les marnes du Furcil, dans les calcaires purs du bathonien. La couverture argovienne s'affaisse peu à peu et les emposieux ne sont dans la topographie que la reproduction superficiellement atténuée de cavités souterraines.

A l'encontre de ce qu'a observé Chabot sur les marnes des Plateaux du Jura central, ces entonnoirs se trouvent ici presque toujours sur le haut des pentes, rarement sur les replats. Parfois ils sont étagés par deux ou trois, les uns au-dessous des autres, à la tête de petites combes qui raccordent deux paliers, mais le plus souvent ils sont isolés. Les mieux formés peuvent avoir 10 à 15 m. de diamètre et 5 à 6 m. de profondeur. Ils sont asymétriques du fait qu'ils sont situés généralement sur un plan incliné et la ligne de plus grande pente se trouve du côté de la montagne. Leur pourtour, d'abord circulaire, devient peu à peu elliptique et ils paraissent évoluer d'après les lois de l'érosion régressive. Leur fond n'est jamais plat et bien qu'aucune fente apparente ne puisse y être relevée, c'est par là cependant que les eaux de pluie doivent s'infiltrer dans le sous-sol. Comme l'argovien est imperméable, il faut admettre que le fond de ces entonnoirs se trouve très proche des calcaires solubles du dogger, sinon directement en contact avec lui. Pourtant, contre toute attente, la roche dure n'apparaît pas même au point le plus bas, on y trouve au contraire une épaisse couche d'humus accumulée par le ruissellement sur les parois.

Il résulte de ces considérations qu'en définitive les dolines ou emposieux sont tous déterminés dans notre région par le niveau du dogger, qu'il s'agisse des cuvettes rocheuses et des puits d'érosion qui s'établissent à même les affleurements de cet étage, ou qu'il s'agisse des entonnoirs aux formes plus émoussées établis sur l'argovien. Quant à donner un âge à ces phénomènes, on ne peut guère que distinguer des formes jeunes et des formes mûres. Les entonnoirs herbeux et les dolines de petites dimensions appartiennent certainement à la première catégorie, tandis que les dépressions plus étendues et plus profondes se rattachent à la seconde. Parmi ces dernières, il faut placer les cuvettes de la Ferme Modèle, celle de la Maison Blanche et surtout la grande dépression allongée et légèrement inclinée vers le Nord-Est qui s'étend sur un épaulement bathonien entre les deux crêts du Chapeau Rablé et du sommet de Pouillerel depuis la Pierre du Massacre jusqu'au Haut des Combes. C'est l'amorce d'une combe anticlinale constituée par une série de cuvettes à grand rayon et à fond plat et dont l'origine peut remonter au delà de la dernière période glaciaire. Mais, à part ces dépressions exceptionnellement développées, ces formes caractéristiques des régions nettement karstiques ne jouent encore ici qu'un rôle très secondaire dans la topographie.

Les marais bombés. — Bien qu'ils ne soient pas à proprement parler des phénomènes karstiques, les marais bombés participent au développement de certains d'entre eux (puits d'érosion) de telle sorte qu'une brève description des marais de Pouillerel trouve sa place ici. Favre et Thiébaud ont publié sur le sujet une étude très complète de géobotanique à laquelle il ne reste absolument rien à ajouter. Aussi nous contenterons-nous de relater quelques-unes des observations de ces auteurs et d'énoncer celles des conclusions qui nous intéressent davantage, tout en renvoyant pour le détail le lecteur à leur publication.¹

Ces marais, d'un type spécial, sont au nombre de cinq, parfaitement isolés les uns des autres. Ils sont situés sur les affleurements du dogger supérieur, au sommet de l'anticlinal décapé de Pouillerel, et localisés au-dessus du Crêt-du-Loclé sur un territoire restreint qui va de l'Ouest de la Ferme Modèle jusqu'au Sud de la Maison Blanche. Le plus étendu occupe la partie centrale de cette zone, au lieu dit la Pâture, sur une longueur de 600 m. et une largeur de 300 m. environ ; les autres sont deux à cinq fois plus petits.²

Favre les groupe, à peu près, dans l'ordre suivant : d'abord sur le versant Ouest de la chaîne au Sud de la Maison Blanche, le marais du Noiret, séparé de deux taches sises plus au Sud et à l'Est, au lieu dit Chez Jean Colar, par une faille longitudinale. La lèvre inférieure de cette faille constitue une éminence, le Seignolet 1266 m., où affleure le callovien revêtu d'un lambeau d'argovien sur son versant Est. Enfin, plus au Sud, un groupe de deux, les marais des Saignolis, dont l'un, celui de la Pâture, est situé entre la Barigue et le Basset et l'autre, un peu plus bas, à l'Est de la Ferme Modèle. Ils sont séparés par une voûte de calcaires roux sableux sur une largeur de 200 m.

Les conditions géologiques de leur établissement résident dans l'affleurement, en position à peu près horizontale, des marnes du Furcil.³ Cette couche, d'après Favre, a une épaisseur de 25 m., mais sa faible inclinaison lui permet d'apparaître, à la surface, sur des étendues assez importantes pour susciter localement des îlots d'associations végétales bien caractérisés et donner au paysage un aspect absolument inattendu.

La bordure de ces marais est limitée presque partout par la tranche du callovien, en particulier par les calcaires roux sableux qui sont immédiatement au-dessus des marnes du Furcil, sauf sur la partie Ouest de leur pourtour où la marne est en contact avec le bathonien sous-jacent. C'est là que les eaux issues du marais, saturées d'acides organiques et avides de calcaire, creusent les puits d'érosion signalés plus haut. La surface de ces marais est inclinée vers le Nord-Ouest, mais la bordure orientale des Saignolis regarde vers le Sud-Est.

¹ FAVRE ET THIÉBAUD, *Monographie des marais de Pouillerel*. Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXXIV, p. 25 et suivantes.

² Ces mesures sont basées sur les limites indiquées par la carte géologique de ROLLIER ET FAVRE. Ce dernier attribue une longueur de 700 m. et une largeur de 400 m. au marais du Noiret au-dessus de la Sagne Pendante, mais ces appréciations doivent être approximatives et très exagérées ; elles sont d'ailleurs antérieures à la publication de la carte à laquelle nous nous rapportons.

³ Voir ci-contre la reproduction de coupes et de schémas de Favre, fig. 24.

Favre, qui en a fait une analyse chimique, a trouvé que « la proportion du calcaire de cette marne est faible, $\frac{2}{5}$ seulement ; le reste, résidu de la dissolution par l'acide chlorhydrique, contient une assez faible

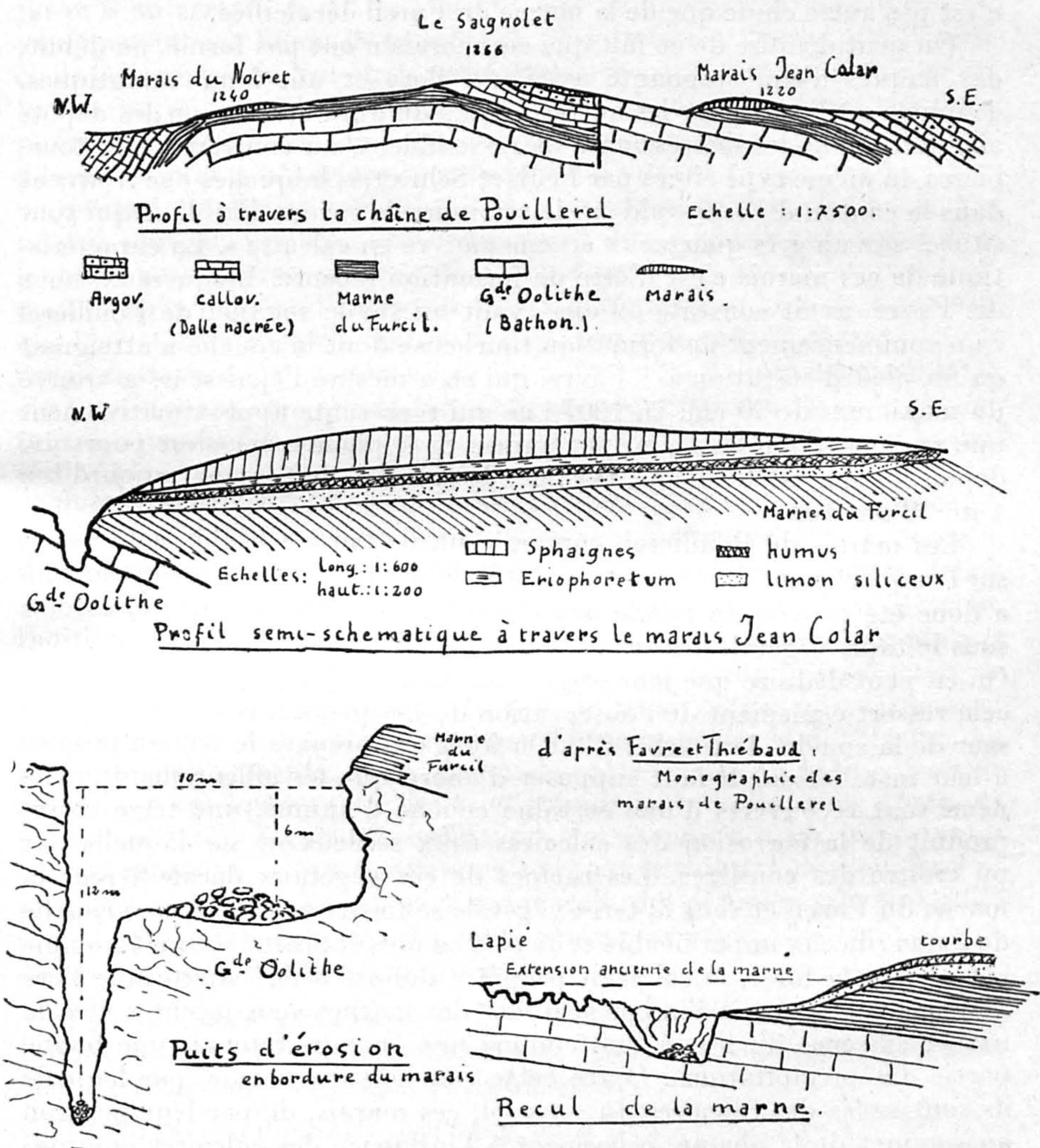


FIG. 24. — LES MARAIS DE POUILLEREL
d'après Favre et Thiébaud, reproduction réduite.

proportion d'argile, tandis que la partie siliceuse est très forte. Étudiée au microscope, cette dernière partie se présente sous forme de petits grains incolores, anguleux, à cassures irrégulières, qui ne sont pas autre chose que des grains de quartz. Parmi ces grains, on trouve deux espèces de spicules siliceux d'éponges ». La partie supérieure de l'affleurement marneux, directement en contact avec la tourbe, est constituée par une

couche de limon siliceux et argileux d'une épaisseur maxima de 65 cm. Il contient des grains de quartz et des débris d'éponges, mais aucun fossile d'eau douce, ni aucune algue microscopique, par contre, il est traversé jusqu'à sa base par des rhizomes et des racines d'arbres. Ce limon n'est pas autre chose que de la marne du Furcil décalcifiée.

On peut déduire de ce fait que ces marais n'ont pas formé, au début, des flaques d'eau stagnante avec une flore et une faune aquatiques, comme c'est le cas pour les autres marais du Jura établis sur des dépôts alluviaux dans les dépressions. Ils ressemblent, au contraire, aux tourbières du même type citées par Früh et Schröter, lesquelles « se trouvent dans le canton d'Unterwald sur le territoire de Sarnen-Flühli et qui sont situées sur un grès quartzeux éocène pauvre en calcaire ». La caractéristique de ces marais c'est d'être de formation récente. Lesquereux, nous dit Favre, avait constaté 60 ans avant lui sur le sommet de Pouillerel « un commencement de formation tourbeuse dont la couche n'atteignait qu'un pied d'élévation ». ¹ Favre, qui en a mesuré l'épaisseur, a trouvé un maximum de 90 cm. en 1907 ; ce qui représente approximativement une augmentation de 1 cm. par année. Si le phénomène s'est poursuivi depuis lors avec le même rythme, la couche doit avoir aujourd'hui 1 m. 10 environ.

Les marais de Pouillerel, comme ceux de Sarnen-Flühli, sont situés sur l'emplacement d'une ancienne forêt de sapins rouges. Leur apparition a donc été provoquée par le déboisement. On y trouve encore, enfouis sous le tapis végétal, des troncs desséchés ou en état de décomposition. On en peut déduire que leur origine ne remonte pas au delà d'un siècle, cela ressort également de l'observation de Lesquereux relative à l'épaisseur de la couche de tourbe. C'est la forêt qui prépara le terrain propice à leur installation. Il faut supposer d'abord que les affleurements marneux sont recouverts d'une certaine couche d'humus, une terra rossa, produit de la corrosion des calcaires roux sableux et sur laquelle ont pu croître des conifères. Les racines de ces végétaux décalcifièrent la marne du Furcil et sous la terre végétale se forma peu à peu une couche de limon siliceux imperméable et de plus en plus épaisse. Dès que l'homme eut abattu la forêt, le sol était propre à donner asile à toute une flore marécageuse, grâce à l'imperméabilité des marnes sous-jacentes et à la nature siliceuse du limon qui, comme une éponge, retenait une bonne partie des précipitations. Outre cette couche superficielle, par laquelle ils sont isolés des calcaires du sous-sol, ces marais, de par leur position au sommet de la chaîne, échappent à l'influence des calcaires environnants, influence du carbonate de chaux dissous qui pourrait s'y infiltrer avec les eaux de ruissellement. C'est ce qui explique que les plantes calcifuges, en particulier les airelles et les sphaignes, trouvent sur ces terrains des conditions favorables à leur développement.

En résumé, ces marais bombés « doivent leurs caractères particuliers :

- 1° à la nature spéciale du sous-sol qui est siliceux,
- 2° à leur position orographique (pente au sommet),

¹ LESQUEREUX, *Recherches sur les marais tourbeux en général* (cité par Favre).

3° à leur altitude (1220-1260 m),

4° aux eaux exclusivement météoriques qui les arrosent ».

Ces conditions limitent leur extension et, dès lors, on peut prévoir, jusqu'à un certain point, la suite de leur évolution naturelle. Leur développement est lié de la manière la plus étroite à l'extension superficielle des marnes du Furcil, ils ne progresseront, par conséquent, que dans la mesure où ces affleurements pourront s'étendre. Or, étant donné la position orographique de cette couche et son épaisseur, elle paraîtra de plus en plus à la surface sous la forme d'une ou de deux bandes plus ou moins continues et parallèles à l'axe anticlinal de part et d'autre. Les marais sont susceptibles, par conséquent, de s'étendre, eux aussi, dans le même sens. L'érosion très active qui se manifeste sur la bordure occidentale de la plupart d'entre eux tend à diminuer leur largeur. La marne qui leur sert de support, entamée par l'eau qui sort du marais, recule toujours davantage à mesure que les puits et les dolines s'agrandissent et se multiplient vers le Sud-Est. On peut observer déjà un recul important des marais des Saignolis, ils ont laissé derrière eux une zone bathonienne plus ou moins large, sculptée de lapiés très déchiquetés et perforée de dolines et de puits, d'autant plus profonds qu'ils sont plus rapprochés du marais. Ce sont les seuls lapiés du dogger à signaler dans la contrée, ils paraissent d'ailleurs s'enfouir rapidement sous leurs propres débris qui constituent une couche de terra rossa dont s'empare la végétation. Par-ci, par-là, ont subsisté quelques lambeaux de marnes épargnés par l'érosion. Ils sont couverts de bruyères, mais ont perdu leur caractère de marais bombés, probablement du fait de leurs petites dimensions, et aussi parce qu'ils sont plus directement influencés par la dissolution des calcaires environnants. A la limite des tourbières, on trouve vers le Sud-Ouest, quelques sapins isolés et rabougris, témoins, sans doute, de l'ancienne forêt. Signalons, enfin, que des étendues assez importantes ont été reboisées et que l'on trouve sur tout le sommet de Pouillerel et principalement dans le voisinage des marais, des pépinières de pins et de sapins en pleine croissance. La forêt peu à peu reconstituée s'opposera désormais aux progrès des tourbières.

Type du karst jurassien. — Les phénomènes karstiques que nous venons de passer en revue peuvent être classés en deux catégories bien distinctes suivant les terrains qu'ils affectent :

1° Au niveau du malm supérieur, nous trouvons les lapiés et des produits de décomposition superficielle, tels que les groisières et le lehm. Ce dernier représente, d'ailleurs, les seules terres arables dans la contrée, exception faite des affleurements argoviens ; tout le reste se répartit en pâturages et en forêts.

2° Au niveau du dogger, les calcaires sont beaucoup plus perméables et les phénomènes du karst changent de forme. A part quelques lapiés d'un caractère spécial en bordure des marais, ce sont les dolines et les puits d'érosion qui s'y manifestent avec une certaine ampleur sur tout le sommet de la chaîne. Les emposieux argoviens sont compris dans cette catégorie, car ils sont formés directement par la corrosion des calcaires

solubles de l'étage sous-jacent et ne font que trahir à la surface les cavités qui se développent dans le sous-sol. Quant aux marais bombés, ce sont des accidents dans la morphologie générale qui, loin de prendre de l'extension, tendent plutôt à disparaître sous l'action conjuguée de l'érosion chimique et de l'érosion mécanique.

Enfin, les formes du malm nous paraissent plus anciennes et d'une évolution plus lente que celles du dogger, comme les dolines et les puits d'érosion qui se creusent et se multiplient pour ainsi dire sous nos yeux. Les lapiés sont plutôt ce qui reste d'un stade de dénudation qui aurait suivi l'époque glaciaire. Durant la période de fonte des neiges et de retrait du glacier, les précipitations abondantes qui l'ont accompagnée, donnèrent lieu à un ruissellement intense sur les calcaires, alors dépourvus de toute couverture végétale et sur lesquels les débris morainiques n'apportaient qu'une protection insuffisante. Rollier a trouvé au-dessus de Bienne des champs de lapiés parsemés de blocs erratiques. Les formes de corrosion entourent ces blocs, mais n'apparaissent pas sous les blocs eux-mêmes, ce qui indique que les lapiés environnants sont postérieurs au glaciaire.¹

Par contre, les emposieux et les dolines du dogger sont des phénomènes qui évoluent rapidement et qui se renouvellent sans cesse. Si quelques formes, parmi les plus poussées comme la dépression qui s'étend au pied du Gros Crêt sur le versant Sud-Ouest de Pouillerel, peuvent avoir une origine ancienne et remonter au glaciaire ou au delà, les autres formes de dimensions plus restreintes sont certainement beaucoup plus jeunes et quelques-unes sont même d'origine contemporaine, par exemple les puits qui bordent les marais.

De ces constatations, il ressort que les sommets anticlinaux, aussi bien celui du Montot que celui de Pouillerel, ont tendance à se creuser en combes longitudinales par la dissolution rapide du calcaire pur du bathonien qui les constitue, tandis que leurs flancs, protégés par un revêtement de malm, résistent mieux à la corrosion de par la nature des roches qui les constituent et qui sont moins solubles parce que moins pures, et de par la position inclinée des couches qui favorise le ruissellement aux dépens de l'infiltration.

Pour terminer, nous pouvons remarquer que dans le Jura franco-neuchâtelois comme sur les Plateaux du Jura central se vérifie le principe fondamental énoncé par Chabot et d'après lequel l'érosion jurassienne se distingue de l'érosion karstique en ce que « le ruissellement superficiel est normal au même titre que l'infiltration souterraine ». Cela tient :

« 1^o à ce que le calcaire impur moins facilement soluble ne se laisse pas cribler de cavités assez vastes pour que toutes les précipitations soient absorbées ;

2^o à l'abondance de la terra rossa qui, en raison des conditions spéciales de roches et de climat, recouvre le sol d'un véritable manteau ;

¹ ROLLIER, *Les lapiés du Jura*. (Bull. Soc. neuch. Sc. Nat., t. XXII, 1894.)

3° à ce qu'il existe toujours à proximité quelque vallée subaérienne (dans le cas particulier la vallée du Doubs) où les plissements font succéder assez vite les affleurements de roches imperméables aux affleurements de roches perméables ». ¹

Nous nous trouvons donc en présence d'un type mixte dénommé par Chabot : type *semi-karstique* et caractérisé par « la coexistence du ruissellement et de l'infiltration... L'érosion ne s'accuse jamais librement, entravée sans cesse par l'infiltration ; et, d'autre part, tous les phénomènes karstiques dépendent plus ou moins directement de la circulation subaérienne qui les accompagne, les pénètre et les domine ». ²

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 247 et suivantes.

² CHABOT, *eod. loc.*, p. 249.

CHAPITRE IV

Les plateaux.

Relief structural ou relief d'érosion ?

Après avoir lu l'ouvrage de Chabot sur les Plateaux du Jura central où l'auteur s'est efforcé de vérifier, dans une étude régionale, les théories de Brückner sur la genèse et l'évolution du Jura, il nous a paru intéressant de rechercher jusqu'à quel point ces mêmes théories trouvent leur application sur la portion du territoire franco-neuchâtelois qui nous occupe.

Cette région forme une zone de transition très étroite qui sépare les Plateaux proprement dits des Hautes Chaînes. On peut dès à présent prévoir que sa position intermédiaire entre ces deux types de morphologie bien distincts influera sur l'aspect de la contrée pour lui donner un caractère particulier, plus complexe et moins bien défini que celui de tout autre point situé de part et d'autre de cette zone. C'est ce que nous essayerons de montrer au cours de ce chapitre qui a pour objet de déterminer la position du relief actuel vis-à-vis de la structure par l'analyse des éléments de concordance et de discordance qu'on y trouve.

Dans notre premier chapitre, nous avons fait un exposé de la topographie et de la tectonique de la région. Il ressort de cette description que, dans ses grandes lignes, le relief coïncide assez bien avec la structure. Les saillies les plus apparentes correspondent aux anticlinaux et les vallées principales se trouvent approximativement sur l'emplacement des synclinaux ; les cluses elles-mêmes sont situées dans des ensembles de l'axe. Nous trouvons les terrains les plus anciens sur les culminations et les terrains les plus récents dans les dépressions, mais les affleurements de ces roches différentes se trouvent à des altitudes assez rapprochées, ce qui nous indique que le nivellement est déjà très avancé.

Bien que l'ensemble du relief actuel soit encore un relief structural, il faut reconnaître que les mouvements qui ont affecté le sous-sol ne transparaissent plus à la surface avec la même vigueur qui s'accuse par le pendage des couches parfaitement visibles dans les nombreuses carrières ou les coupes naturelles que l'on rencontre un peu partout. Les formes originelles ont été, au contraire, considérablement atténuées par l'éro-

sion. Les anticlinaux ont été fortement entamés, tandis que les synclinaux ont subsisté à leurs anciens niveaux, exception faite pour la vallée du Doubs qui s'est approfondie dans des proportions à peu près équivalentes au décapage des anticlinaux.

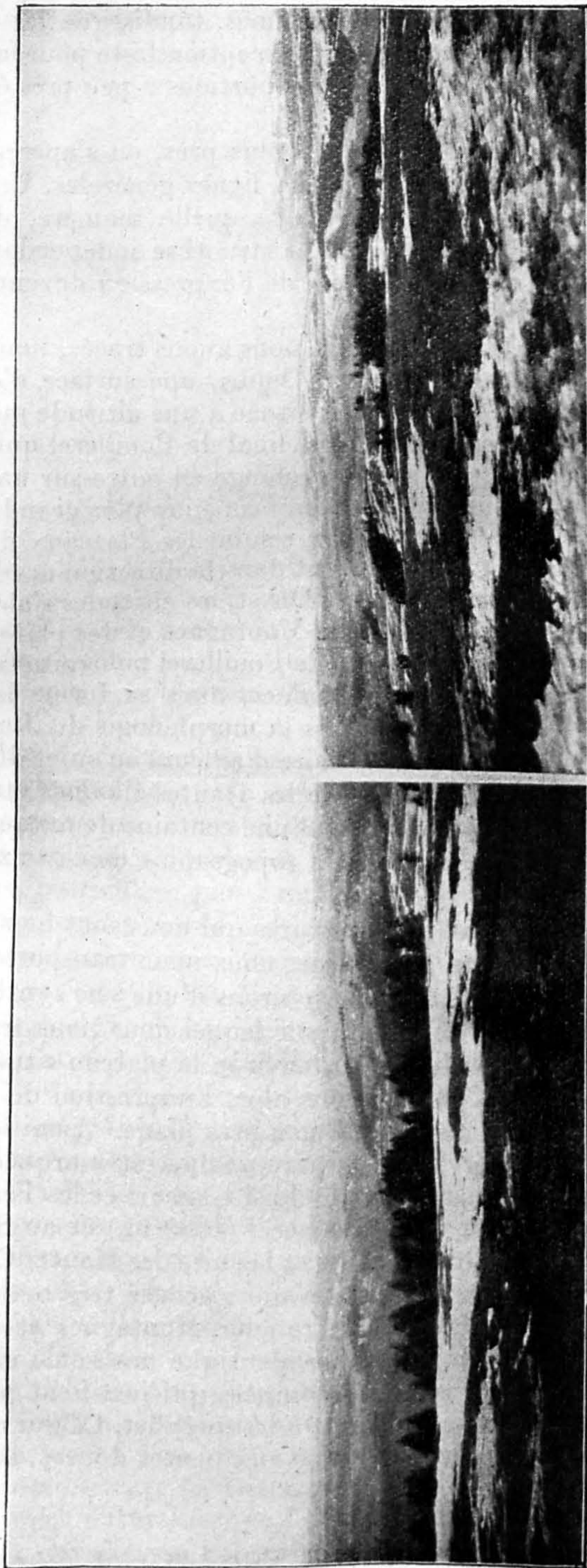
Aussi, dès que l'on y regarde d'un peu plus près, on s'aperçoit que la concordance n'est admissible que dans les lignes générales. Un profil transversal nous montre immédiatement de quelle manière, dans le détail, la surface topographique recoupe la structure indépendamment de celle-ci, et l'on peut vérifier la justesse de l'expression devenue courante du rabot horizontal de l'érosion.

Dans la série de profils successifs¹ que nous avons tracés, nous trouvons, de part et d'autre de la vallée du Doubs, une surface d'érosion plus ou moins inclinée vers cette vallée et située à une altitude moyenne de 1000 m. Cette surface circonviert l'anticlinal de Pouillerel qui la domine de 200 à 300 m. seulement, elle se prolonge en outre sur un rayon de 4 à 5 km. vers le Sud-Est et sur un rayon beaucoup plus grand vers le Nord-Est, l'Ouest et le Sud-Ouest où elle rejoint les Plateaux du Jura français. Au Sud-Est, les altitudes s'élèvent dans la direction des Hautes Chaînes, vers le Nord-Est et surtout vers l'Ouest, les altitudes s'abaissent doucement dans la direction des Franches-Montagnes et des plateaux de Maïche et du Russey. La croupe allongée de Pouillerel pourrait être prise pour un chaînon avancé des Hautes Chaînes, mais sa forme large et très aplatie en fait un élément à part dans la morphologie du Jura neuchâtelois. La même observation peut se faire d'ailleurs au sujet du dôme surbaissé des Foulets, intermédiaire entre les Hautes Chaînes et Pouillerel. Pouillerel, cependant, est plus élevé d'une centaine de mètres, c'est la seule saillie qui ressorte un peu dans la topographie de cette zone de transition.

Si, munis des renseignements préliminaires qui nous sont fournis par une étude attentive de la carte géologique, nous nous transportons sur le terrain, du sommet de Pouillerel nous jouirons d'une vue synthétique de toute la contrée. Le point culminant sur lequel nous nous trouvons est à 1281 m., il domine donc de 300 m. environ le plateau situé à une altitude moyenne de 1000 m. Nous avons alors l'impression de voir se dérouler devant nous une large surface à peu près plane.² Aussi loin que l'on porte son regard, la limite du territoire visible est marquée d'une ligne franchement horizontale sur tout le Jura français et les Franches-Montagnes, elle s'élève à l'Est avec Chasseral (1609 m.) et au Sud-Est avec Tête de Ran (1425 m.), Mont Racine et la suite des Hautes Chaînes. Ce qui frappe surtout, c'est la distinction qui s'accuse très nette entre le plateau et les Hautes Chaînes. Les Franches-Montagnes et le Jura français constituent par leur topographie identique une seule et même région aux formes déjà mûres et très estompées qui justifient parfaitement le terme de Hauts Plateaux qui sert à les qualifier. Ce qui reste du relief est bien effacé ; quelques ondulations aux pentes douces, de petits

¹ Voir planche II, en hors-texte.

² Voir fig. 25.



Clichés E. Bell.

FIG. 25. — PANORAMA DU SOMMET DE POUILLEREL

Vue des Hauts Plateaux vers Maïche (France) à gauche, vers les Franches-Montagnes au centre, vers les Hautes-Chaînes dont on aperçoit Chasseral à droite. A remarquer la ligne horizontale qui limite le paysage. A gauche la vallée du Doubs entre les plateaux de Grand'Combe et celui des Joux-Derrière-Valanvron. Les altitudes s'élèvent progressivement de la vallée vers les Hautes-Chaînes.

chaînons interrompus s'élevant à peine à 100 ou 150 m. au-dessus du niveau général, divisent le pays en compartiments allongés qui communiquent entre eux par des cluses très élargies ou plutôt par des ensellements à grand rayon.

Du côté des Hautes Chaînes, la ligne d'horizon se rapproche, au contraire, considérablement en même temps qu'elle s'élève, la surface d'érosion suit le mouvement par delà les vallons de La Chaux-de-Fonds et des Crosettes. Au Reymond, la pente s'accentue et devient subitement raide sur les flancs de la Vue des Alpes et de Tête de Ran. Les sommets principaux, Chasseral et Mont Racine, sont très accidentés, ce sont des crêts caractérisés avec des arêtes rocheuses souvent verticales et de brusques ruptures de pentes.

Nous sommes certainement en face de deux types de morphologie : une plateforme d'érosion déjà bien nivelée en bordure de laquelle s'est accolée une chaîne plus jeune, constituée par les mêmes terrains, plissés postérieurement à la suite de mouvements orogéniques plus récents. La plateforme en question est légèrement inclinée vers le Nord-Ouest.

Après avoir comparé la douceur de son modelé aux formes plus énergiques des Hautes Chaînes, qui sont à proximité, le contraste de cette surface à peine ondulée avec les gorges du Doubs qui l'entaillent profondément sur toute sa longueur n'est pas moins suggestif. Cette vallée jeune, aux versants très redressés, parfois même verticaux, tranche singulièrement avec la monotonie des plateaux¹ qui la surplombent. L'idée d'une discordance entre ces diverses formes du relief se fait de plus en plus pressante et nous sommes amenés à reconnaître avec Favre les traces de deux morphologies distinctes créées par la superposition de deux cycles d'érosion.

L'évolution de formes si différentes ne peut pas être synchrone. La vallée du Doubs ne s'est pas encaissée de la sorte en même temps que s'effectuait le nivellement des plateaux bordiers, car, dans ce cas, le raccord entre ces derniers et le fond de la vallée serait moins brusqué et la pente des versants serait plus douce. Il faut certainement plus de temps pour obtenir l'abrasion d'une surface telle que celle que nous considérons, que n'en requiert la formation d'une vallée d'érosion comme la vallée du Doubs.

Ces considérations générales se confirment dans des observations de détails. Rollier a trouvé dans la vallée de La Chaux-de-Fonds des lacunes et des discordances stratigraphiques qui semblent montrer que la région était exondée avant le miocène et en proie à l'érosion subaérienne ou littorale au cours de cette période. « On trouve, dit-il, à La Chaux-de-Fonds, l'helvétien en transgression sur le crétacique et recouvrant les inégalités du portlandien, de sorte que là aussi les érosions prémiocènes avaient déjà découpé le crétacique et découvert le portlandien sans qu'il soit toutefois possible de constater de fortes discordan-

¹ Le terme plateau est pris ici dans un sens différent de celui qu'il a habituellement quand on parle des Plateaux jurassiens situés plus à l'Ouest (sens morphologique et non pas structural).

ces de stratification ». Puis, un peu plus loin dans une région limitrophe du Nord-Ouest « à la Chaux d'Abel, sur le prolongement du synclinal de La Chaux-de-Fonds, le même terrain rempli de galets portlandiens recouvre immédiatement les bancs portlandiens et le tout est en stratification horizontale. Au Cerneux-Veusils-Dessous, à 1040 m. d'altitude, où le même synclinal est rétréci, la molasse marine est fortement redressée avec le portlandien qu'elle recouvre encore en concordance de stratification. La terre ferme à l'époque helvétique se trouvait donc située au Nord-Ouest de la ligne Chaux-de-Fonds-Undervelier et s'étendait probablement assez loin sur le Jura français actuel ». ¹

Il nous faut admettre que le relief du Jura avait subi déjà une certaine abrasion pour que la molasse ait pu se déposer en transgression sur la surface d'érosion qui recoupait les couches du crétacé et du portlandien dans le synclinal de La Chaux-de-Fonds. On peut même supposer, contrairement à l'opinion de Heim, qu'une partie du territoire émergeait à cette époque, tout au moins à l'état d'îlots, comme semble l'indiquer le facies néritique qui caractérise par endroits les dépôts molassiques. Ces couches auraient été redressées avec leur substratum sur les bords des anticlinaux et à leur base dans une phase de plissement postérieure. Ce qui restait du crétacé et la molasse auraient été coincés au fond des synclinaux comme les coupes de Favre semblent le faire ressortir dans la vallée de La Chaux-de-Fonds. ² On y voit, en effet, ces terrains se plisser près du Verger et sur le bord oriental du synclinal du Locle au pied des Ravières, puis, à La Chaux-de-Fonds, ces petites voussures dégénèrent en failles qui occasionnent le chevauchement du crétacé sur la molasse.

D'après Rollier, « les érosions miocènes ont été cantonnées sur une petite partie seulement du territoire (Franches-Montagnes, Jura neuchâtois, Jura français), où elles ont produit quelques ravinements qui ont rompu la régularité et la confluence des plis. Mais les érosions pliocènes ont attaqué le relief entier du Jura, dès le début de sa formation elles l'ont entamé profondément. Une fois plissées, les chaînes ont été épluchées couche après couche depuis les revêtements meubles du tertiaire jusqu'aux étages calcaires du malm et du dogger ; les agents atmosphériques et les ruisseaux ont dissous et brisé les roches, entraîné les marnes, creusé des ruz, des combes, des cirques sur lesquels vint enfin passer la masse mouvante des glaces quaternaires qui adoucit les saillies et remplit de débris les dépressions ». ³

Que la mer miocène ait ou n'ait pas recouvert l'ensemble du Jura, ⁴ il est certain qu'au début de la transgression, une bonne partie de notre territoire était émergée et, par conséquent exposée aux atteintes de l'érosion et nous pouvons placer là le premier stade d'un nivellement qui de-

¹ ROLLIER, *Structure et histoire géologique de la partie du Jura central comprise entre le Doubs, le val de Delémont, le lac de Neuchâtel et le Weissenstein*. Mat. Carte géol. Suisse, 1^{er} supplément, 1893, p. 241 et suivantes.

² FAVRE, 4-5 profils à travers le synclinal de La Chaux-de-Fonds, dans *Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*.

³ ROLLIER, *Structure et histoire géologique*, p. 250.

⁴ HEIM, *Geologie der Schweiz*.

vait aboutir, au pliocène, à la formation d'une pénéplaine dont les restes constituent aujourd'hui les Franches-Montagnes, le Jura français et la partie occidentale du Jura neuchâtelois. Nous placerons donc avant le miocène le premier soulèvement du Jura ; dès cette époque, notre région devint littorale. Exhaussée à la fin du miocène, lors des premiers mouvements du second plissement qui provoquèrent le retrait de la mer molassique, elle fut soumise à une érosion intense durant tout le pliocène, ce qui eut pour résultat l'aplanissement général de toute la contrée.

Les auteurs se rencontrent généralement pour faire intervenir, au pliocène supérieur, l'exaltation du Jura, soit la dernière phase de plissement des Hautes Chaînes. Heim considère le plissement des chaînes orientales comme « postérieur aux dépôts molassiques, de même Amsler placé le plissement principal du Jura au pontien ou au plaisancien. Les résultats obtenus pour les régions voisines semblent prouver que les derniers mouvements tectoniques importants n'eurent pas lieu avant la fin du pliocène inférieur ». D'autre part : « Brückner place le deuxième soulèvement du Jura au pliocène supérieur, parce qu'il avait supposé le premier postérieur au miocène et il avait dû laisser entre les deux un temps suffisant pour la pénéplanation du Jura tout entier. Machatschek, pour des raisons analogues, attribuait aussi au pliocène supérieur les dislocations des environs de Salins et les mouvements locaux sur des surfaces déjà formées.

Nous n'avons pas les mêmes motifs pour ménager la plus longue durée possible entre le premier et le deuxième mouvement tectonique. Le pontien fut une période suffisamment longue pour permettre la formation d'une pénéplaine. Et, d'autre part, il est difficile d'admettre des dates trop récentes, car il faut réserver du temps aux érosions qui se sont exercées depuis lors ».¹

Nous placerons donc la première phase de démantèlement de notre pénéplaine dans le même cadre chronologique que celui des Plateaux du Jura central étudiés par Chabot, soit entre la fin du pontien et le début du pliocène supérieur, avec cette différence toutefois que, située sur la bordure orientale de la zone plissée avant le miocène, elle a dû subir un peu plus tôt l'influence des premiers mouvements des Hautes Chaînes, ce qui explique une dénudation moins parfaite qu'aux environs d'Ornans ou de Salins. Enfin, non seulement la pénéplaine fut arrêtée dans son évolution et disloquée, mais elle fut en partie remaniée sous la poussée du Sud-Est. Il se sera produit alors, outre un exhaussement général, un véritable rajeunissement du relief en même temps que, dans son ensemble, la surface subissait un mouvement de bascule qui l'inclinait vers le Nord-Ouest.

Certains anticlinaux furent soulevés de nouveau par compression horizontale aux dépens des synclinaux qui se rétrécirent. Des voissures secondaires, comme celle des Planchettes, ont pu naître en bordure des anciens plis. A ce propos, Chabot, qui a observé le phénomène dans le Jura central, estime qu'« il n'y a aucune différence entre les chaînes

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 179 et suivantes.

récentes qui traversent la pénéplaine et les grandes chaînes orientales ». ¹ Il considère les premières comme des rameaux détachés des secondes. Cependant, il y a une différence tout de même, d'abord dans la genèse de ces deux sortes de plis, les uns ont subi deux plissements, tandis que les autres ont surgi d'un seul effort. Ensuite, même extérieurement, l'aspect de chaque pli trahit son évolution. Les uns apparaissent comme des croupes isolées, larges et très aplaties au sommet, les autres, au contraire, forment des chaînes, ils sont plus serrés et portent à leur sommet de véritables arêtes. En outre, l'altitude des derniers plis domine de quelque 100 m. celle des premiers. Cette différence d'altitude, comme le fait remarquer Rollier, ² n'a souvent rien de structural, c'est un fait de topographie actuel dû simplement à une différence d'érosion. Au point de vue tectonique, certaines parties de ce qu'on appelle les Hautes Chaînes sont en réalité à un niveau inférieur à celui de Pouillerel ou du Montot. Si nous prenons comme niveau d'appréciation le dogger, par exemple, nous le trouvons dans notre région à 1200 m. à Pouillerel et au-dessous de 1000 m. au Corps de Garde au Nord-Ouest du Valanvron, alors qu'il n'est même pas découvert sur les chaînes riveraines du lac comme Chaumont où l'on trouve des voissures kiméridgiennes et portlandiennes presque intactes à 1200 m.

Enfin, les profils géologiques nous montrent une structure qui n'est pas tout à fait analogue à l'Est et à l'Ouest de la vallée de La Chaux-de-Fonds. Dans notre région, le redressement des couches se fait le plus souvent à angle droit surtout dans les synclinaux, tandis que dans la partie orientale du Jura la courbure des couches est plus arrondie. Ce fait semble indiquer que la résistance au plissement n'a pas été la même de part et d'autre. Alors que les sédiments constitutifs des Hautes Chaînes se plissaient pour la première fois en ondulations régulières, ceux qui avaient déjà participé à des mouvements tectoniques antérieurs formaient un massif qui résista à un nouvel effort un certain temps, et d'une certaine façon du moins. Le replissement de cette zone donna lieu aux plis en caisse si caractéristiques dans le Jura-plateau avec plissement du fond des synclinaux. Des failles se produisirent et les anciennes probablement jouèrent à nouveau, en particulier lors de la phase paroxysmale du soulèvement des Hautes Chaînes et au moment du tassement et de la mise en place du nouvel édifice orogénique. On peut même aller plus loin et concevoir, comme le fait Chabot, « que le bouleversement alpin qui a amené la formation du Jura ait eu sa répercussion sur le soubassement profond hercynien sous forme de cassures nouvelles ou de rajeunissement de failles », ce qui le porte à croire que « les Plateaux du Jura sont à la fois une région hercynienne et une région alpine »... D'ailleurs « on ne s'explique pas comment de simples glissements de couches sur un socle rigide pourraient porter certains compartiments des plateaux à 100 ou 200 m. au-dessus des compartiments voisins ». ³

¹ CHABOT, *Les Plateaux...* p. 171.

² ROLLIER, *Structure et histoire géologique...* p. 270 et suivantes.

³ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 178 et 179.

Remarquons en passant que la différence de facies au niveau du malm inférieur, entre notre territoire et la région située au Nord de celui-ci, semble avoir eu une influence importante dans le remaniement de la pénéplaine. Il est représenté ici par l'argovien marneux qui repose directement sur le dogger supérieur, tandis qu'il passe là au facies rauracien plus compact et se trouve séparé du dogger par l'oxfordien.¹ C'est exactement à la limite de ces deux terrains de nature différente, mais de même âge, qu'est située la cluse de Biaufond qui se trouve dans le voisinage de la faille transversale de la Ferrière. Cette position nous a fait supposer que la cluse de Biaufond devait son origine à un décrochement secondaire. Les terrains situés au Sud de la cluse et à l'Ouest de la faille auront, de par leur nature marneuse, opposé moins de résistance à la poussée du Sud-Est que ceux situés au Nord et à l'Est. Les premiers auront été plissés à nouveau, ce qui détermina un rajeunissement du relief, alors que les seconds, beaucoup plus compacts, résistèrent et finirent par glisser vers le Nord en une masse homogène sur un niveau lubrifiant, les marnes du trias moyen. D'ailleurs, le décrochement horizontal de la Ferrière doit certainement se prolonger au delà du Cerneux la Pluie, si l'on en juge par l'aspect compliqué des plis situés au Nord de ce point et à l'Ouest du cours du Doubs. Si nous prolongeons la faille nous trouvons de part et d'autre de cette ligne deux structures différentes. A l'Est, nous avons le plateau des Franches-Montagnes, reste de l'ancienne pénéplaine, qui passe pour ainsi dire subitement au relief accidenté des Hautes Chaînes, exception faite peut-être pour le Sonnenberg, auquel on peut attribuer un rôle de transition assimilable plus ou moins à celui que joue Pouillerel dans la morphologie de notre région. Au Nord de ces hauts plateaux et en avant, le relief est passablement bouleversé et des chaînons parallèles assez serrés succèdent les uns aux autres jusqu'à la chaîne du Lomont. A l'Ouest de la faille de la Ferrière, c'est le contraire. Le contre-coup du plissement des Hautes Chaînes s'est fait sentir dans le voisinage immédiat de celles-ci, nous y trouvons une zone de transition au relief rajeuni comprenant les chaînons surbaissés du Montot, de Pouillerel et l'arête des Foulets. Les plateaux correspondant aux Franches-Montagnes sont reportés plus au Nord, ce sont ceux de Charquemont et du Russey. Il y a donc contraste entre ces deux régions limitrophes et dirigées Nord-Sud parallèlement au décrochement qui les sépare.²

La combinaison de ces divers mouvements, les uns profonds, les autres superficiels, eut pour effet de disloquer la pénéplaine. Pouvons-nous reconnaître dans notre région des éléments de cette pénéplaine ? Tout d'abord les anticlinaux principaux de Pouillerel et du Montot sont pour nous des rides rajeunies de l'ancien plissement. Quant à la pénéplaine proprement dite, ce qu'il en reste comprend la majeure partie de notre territoire, à savoir toute la surface nivelée à une altitude moyenne

¹ Le Dr H. Bühler signale le rôle particulier que joue dans la tectonique de la région ce brusque changement de facies. H. BÜHLER, *Les Crosettes*, Bull. Soc. neuch. Géogr., t. XXVII, p. 8.

² Voir cartes géologiques citées dans notre bibliographie sous les nos 5 et 7.

de 1000 m. Le niveau d'abrasion recoupe des éléments tectoniques bien divers, nous y trouvons, avec la molasse, le fond du synclinal de La Chaux-de-Fonds et son prolongement du Sud dans la vallée du Locle à 50 m. plus bas ; nous avons le crétacé dans celui du Pissoux. Entre 1000 et 1050 m., nous trouvons, en position horizontale sur le dos des voissures ou en position redressée sur les flancs des anticlinaux, le portlandien et le kiméridgien, en bordure des synclinaux, sur les plateaux des Recrettes, des Planchettes et du Valanvron ; en France, de part et d'autre du Montot, sur l'anticlinal même, on découvre le séquanien à la Grand'-Combe, au Basset et aux Bulles, près du Pissoux et à la Grande Beuge. Toujours à cette altitude moyenne, le séquanien et l'argovien affleurent aux Joux-Derrière et aux Combettes. Enfin, le dogger lui-même apparaît du côté français à Fournet (1006 m.) et du côté suisse, on le trouve aux Petites Crosettes à 1050 m. et au-dessous de 1000 m. au Corps de Garde.

La surface que nous envisageons ainsi, dans son ensemble et pour ainsi dire schématiquement, est ramenée à une altitude moyenne. En réalité, elle se décompose en compartiments par suite du remaniement qu'a subi la pénélaine lors du second plissement, certains d'entre eux se sont affaissés et d'autres ont été relevés sur le pourtour de Pouillerel.

Les dislocations ont été particulièrement fortes du côté suisse à l'Ouest de l'anticlinal sur la voissure Planchettes-Corps de Garde. Ces compartiments correspondent d'ailleurs aux paliers que nous avons énumérés dans notre premier chapitre. Ils sont déterminés par des failles longitudinales qui, ou bien se sont formées au moment du replissement, ou, si elles étaient préexistantes, auront été remises en jeu à ce moment-là. Ainsi, le morcellement du plateau des Planchettes en étroits paliers doit être en relation avec les failles qui l'affectent parallèlement à la vallée du Doubs et qui coïncident assez bien avec les ruptures de pente qui raccordent les paliers.

En même temps que l'anticlinal de Pouillerel était exhaussé, la voissure des Planchettes naissait, ou tout au moins s'accroissait, et le bord de l'ancienne surface d'érosion se relevait vers le Sud-Est. Toute la région limitée au Sud-Est par la faille des Recrettes-Valanvron et au Nord-Ouest par celle du Pissoux, qui doit se prolonger probablement à flanc de coteau dans la vallée même du Doubs, s'est affaissée. De chaque côté on trouve face à face le séquanien dominant le portlandien. L'ensemble forme un compartiment effondré et subdivisé par le jeu des deux failles intermédiaires, celle qui passe aux Planchettes et Sur les Roches et celle qui, partant de la Grande Beuge, passe au Dazenet et s'en va jusqu'au Corps de Garde et à Biaufond. Ces failles ont joué différemment suivant les points où on les observe. Celle qui sillonne le flanc Nord-Ouest de Pouillerel a permis sur tout son tracé le chevauchement du sommet de la voûte anticlinale sur le prolongement du synclinal de Villers. Par contre, la faille la plus rapprochée du Doubs sur la rive droite a le regard tourné tantôt vers la Suisse comme à la Grande Beuge, où le séquanien domine le kiméridgien, tantôt vers la France comme en dessous des Joux-Derrière où l'argovien chevauche sur le kiméridgien.

Notons ici ¹ que les deux failles en contre-bas, celles qui partent respectivement de la Grande Beuge et du restaurant des Roches au bord du cirque de Moron, se prolongent au delà des points où Rollier les abandonne sur sa carte. Elles se confondent au Nord de la combe de la Sombaille, au-dessous des Joux-Derrière, pour former une faille unique qui se poursuit à mi-côte jusqu'à Biaufond en passant au Corps de Garde. Cette faille met en contact le portlandien du fond du synclinal avec le séquanien redressé sur le prolongement de l'anticlinal des Planchettes en deux points relevés par Bühler en dessous des Joux-Derrière et au-dessus de Chez Bonaparte. ² Cette faille détermine le chevauchement du sommet de la voussure sur le synclinal.

Le morcellement du plateau en paliers, portés par jeu de failles à des niveaux divers qui ne varient guère entre eux que d'une cinquantaine de mètres, est très net jusqu'aux Joux-Derrière. La région septentrionale des Bulles et du Valanvron constitue une plateforme unique avec, au centre, une large dépression en pente douce. La transition entre ces deux parties du territoire se fait assez brusquement et l'on s'étonne de ne pas trouver à cet endroit quelque faille transversale. Il est possible que l'on puisse en découvrir au moins une sur le prolongement de celle du Haut des Combes et sur l'emplacement de la combe de la Sombaille. En somme, cette dislocation compliquée semble bien avoir été provoquée par la surrection de la chaîne de Pouillerel, son influence dans la topographie disparaît avec elle.

On pourrait songer à interpréter les gradins de la côte suisse par des niveaux d'érosion fluviale qui marqueraient les différents stades d'approfondissement de la vallée du Doubs. Mais cette interprétation n'est pas soutenable, car on devrait alors retrouver des traces d'alluvions en terrasse. Or, il n'a encore été signalé aucune trace alluviale en aucun point de la côte. En outre, même si ces dépôts avaient disparu, il semble que du côté français devraient se trouver des paliers correspondant à ceux de la côte suisse. Or, il n'en est rien, la bordure française de la vallée forme un tout morphologique dont l'altitude correspond à la moyenne de la région adjacente du côté suisse. Le sommet de la côte française demeure tout du long à un niveau constant, tandis que la côte suisse varie passablement d'altitude entre les Recrètes et la combe de Biaufond.

La dislocation de la pénéplaine fut suivie d'une reprise de l'érosion due au soulèvement général de la région. Le raccord entre les différents paliers se trouva facilité par l'approfondissement rapide de la vallée du Doubs, artère maîtresse du drainage. Enfin, le rabet des glaciers quaternaires acheva de niveler les failles et d'estomper les formes pour donner au terrain son aspect actuel.

Quel était l'emplacement approximatif du lit du Doubs sur la pénéplaine et par quelle évolution est-il parvenu au tracé actuel ? L'absence

¹ Pour compléter ce que nous avons dit à ce sujet dans notre chapitre I.

² D^r H^rl BÜHLER, *Excursion géologique dans la vallée du Doubs* (Almanach du Montagnard), éd. Sauser, La Chaux-de-Fonds, 1924, p. 59-61, avec bloc diagramme de la vallée en aval de Chez Bonaparte.

d'alluvions et de terrasses aussi bien sur l'une que sur l'autre rive, la brusque rupture de pente qui constitue les versants de la vallée nous portent à croire que le cours antérieur coïncidait avec celui d'aujourd'hui et que l'approfondissement fut rapide. En considérant la position structurale de la vallée et son aspect de jeunesse, si peu en rapport avec la maturité des formes environnantes, Rollier nous dit que le Doubs coulait dès l'origine « dans des synclinaux parallèles réunis par des ébauches de cluses. Le soulèvement de la région, combiné avec le plissement définitif,

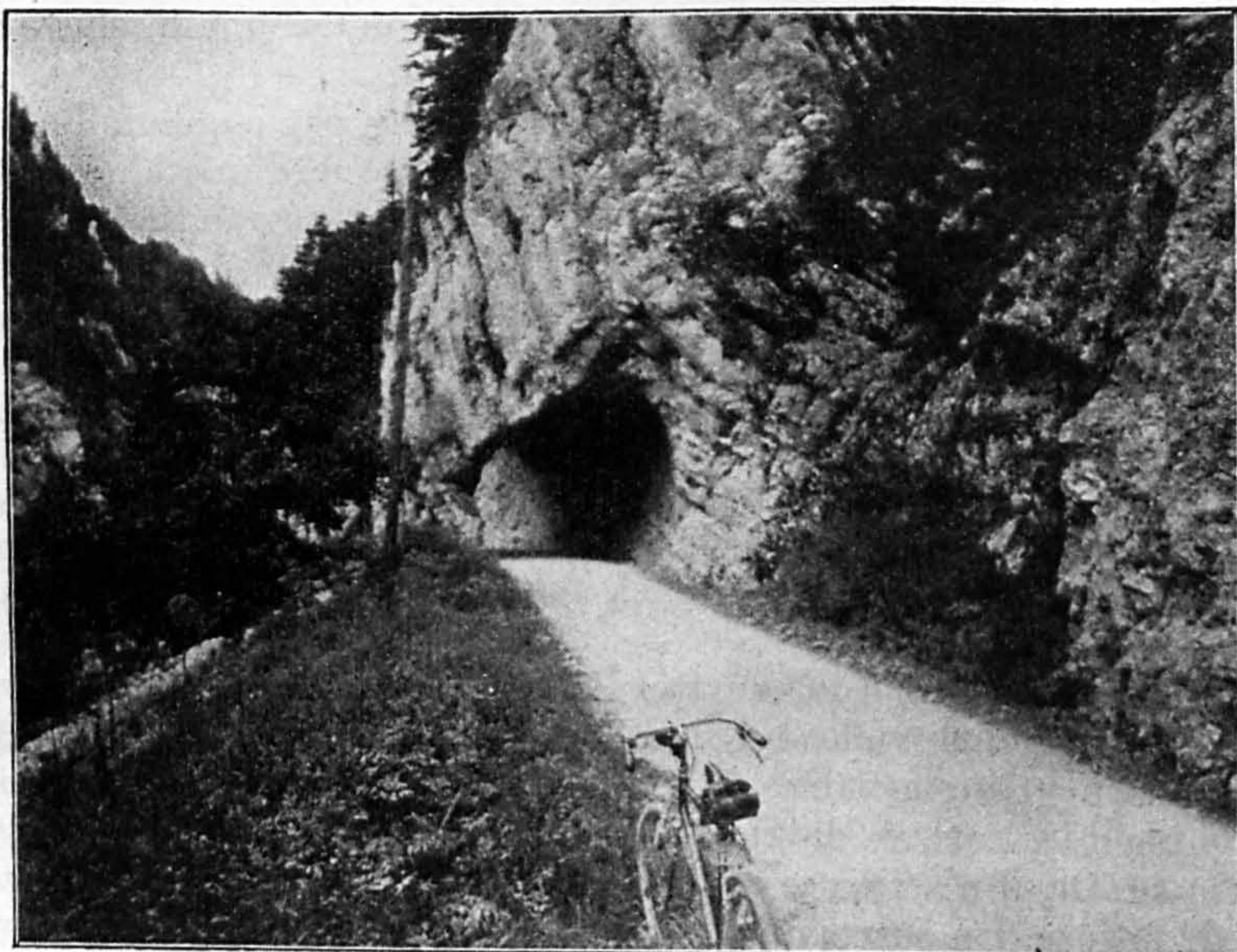


FIG. 26. — ROUTE DE BIAUFOND.

Cliché E. Bell.

Vue prise sur la rive suisse, vers l'aval, entre la Maison Monsieur et la Rasse. Tunnel dans le séquanien. D'après les strates, on voit que la vallée est isoclinale et que la rivière, qui coule à gauche un peu en contrebas, entame la bordure Nord-Ouest du synclinal.

l'a encaissé dans le lit qu'il a continué à se creuser sur cette ligne ».¹

Il n'y a donc pas ou très peu de différence entre le tracé au pliocène et le tracé actuel, et le déplacement du lit du Doubs s'est effectué sur la verticale. Cependant on peut envisager une légère déviation vers l'Ouest, comme paraît l'indiquer la pente du versant au sommet de la côte suisse qui est plus adoucie que la pente correspondante du versant français même en dehors de la zone disloquée du plateau des Planchettes. Il faudrait l'attribuer à un mouvement général de bascule de la pénéplaine. La rivière aurait glissé lentement vers l'Ouest en appuyant de plus en plus sur le bord Nord-Ouest du synclinal principalement sur le tronçon compris entre les Gravières et Biaufond. Nous aurions donc affaire à une

¹ ROLLIER, *Structure et histoire géologique du Jura central*.. (Mat. Carte géol. Suisse, p. 249.)

surimposition qui, dans ses grandes lignes, est en concordance avec la structure, mais qui, dans le détail, s'en écarte en certains points (fig. 26). A partir de la Gueppe, un peu avant la Maison Monsieur, la vallée est entièrement monoclinale et le fond du synclinal se trouve sur la côte suisse, il est parfaitement visible aux tunnels de la Rasse.

Pourtant, la position discordante de la vallée du Doubs sur ce secteur peut s'expliquer par la présence de la faille longitudinale de la côte suisse. Si l'on prolonge en hauteur le plan de faille qui s'enfonce obliquement sous le plateau du Valanvron, il déterminera une ligne d'intersection avec le plan vertical construit dans l'axe de la vallée ; et, suivant l'inclinaison qu'on lui attribue, cette ligne peut coïncider avec la surface primitive sur laquelle s'est établi, à l'origine, le cours du Doubs. La rivière aurait donc coulé d'abord dans la dépression en bordure du chevauchement sur une ligne de dislocation, puis se serait encaissée sur place, verticalement, dans le flanc Nord-Ouest du synclinal.

Mais il est encore un autre fait qui parle en faveur de la position structurale de ce tronçon de vallée. C'est une particularité qui nous a été suggérée par le Dr Bühler, au cours d'un entretien que nous avons eu avec lui. Il s'agit des sinuosités décrites par le Doubs entre les Graviers et Biaufond. Nous trouvons sur la rive suisse et au sommet de la côte une série de trois petits dômes, séparés par des ensembles de l'axe anticlinal, qui se remarquent encore dans la topographie. Ce sont les seuls points où perce le dogger sur tout l'anticlinal des Planchettes-Corps de Garde. Or, la rivière semble les contourner, le dôme du Moule-l'Abbaye correspond au méandre situé en amont de Chez Bonaparte, aux dômes du Corps de Garde et du Pélard correspondent les méandres situés avant et après la Maison Monsieur. Enfin, du côté français, le méandre en amont du Moulin de la Chaux correspond aussi à l'un des points hauts de l'anticlinal du Montot, au Groseillier, et c'est immédiatement après ce méandre qu'apparaît le séquanien sur la rive gauche. Mais ces considérations n'écartent pas l'hypothèse d'une pénéplaine, au contraire. Ces sinuosités doivent être préexistantes au creusement de la gorge dans laquelle elles sont actuellement encaissées. Leur formation suppose à l'origine une pente assez faible et uniforme sur une surface déjà bien nivelée, sinon le tracé de la rivière aurait été dévié avant la cluse de Biaufond dans l'un ou l'autre des ensembles qui séparent les dômes en question. D'ailleurs, l'emplacement tectonique de la cluse elle-même se trouverait entre Grand'Combe et le coude de Biaufond situé déjà en un point où l'axe anticlinal se relève. Nous avons, en effet, le kiméridgien à 930 m. à la pointe extrême du plateau de Blanche-Roche, tandis que de l'autre côté et sur le prolongement nous avons l'argovien à 927 m. au Dos d'Ane.

Cette surface, plus ou moins nivelée, n'était autre que celle de la pénéplaine qui correspond à l'altitude moyenne de la région et sur laquelle subsistaient quelques ondulations très atténuées, vestiges de l'ancien plissement entre lesquelles le Doubs décrivait ses méandres dans les couches tendres. Ceux-ci semblent avoir été plus développés qu'aujourd'hui, si l'on en juge par les contours du sommet de la côte sur les deux

rives, bien que l'on puisse attribuer le développement des courbes qui limitent les plateaux à un simple recul des versants. On trouverait là une explication de l'élargissement de la vallée entre les Graviers et Biaufond. Sur ce parcours, elle est deux et même trois fois plus large qu'en amont.

Après le relèvement du niveau général de la région et la dislocation de la pénéplaine, les premiers mouvements ayant été très lents, le Doubs s'est encaissé sur place avec une tendance à redresser son cours en même temps qu'il s'enfonçait en appuyant davantage sur sa rive gauche que sur sa rive droite. A mesure qu'il rétablissait son profil d'équilibre sa pente augmentait en vertu de la loi de l'érosion régressive (ce profil, nous l'avons vu, n'est pas encore atteint aujourd'hui). Son régime devenait de plus en plus torrentiel et sa puissance de travail augmentant, lui permettait de rectifier son cours sans égard pour la nature des couches qu'il rencontrait. Certains méandres, entre Chez Bonaparte et la Rasse, apparaissent bien comme des méandres redressés. Probablement que ce fait ressortirait davantage encore si le barrage du Refrain (éboulement) n'avait provoqué l'alluvionnement du fond de la vallée et arrêté tous progrès d'érosion.

Les méandres des Brenets sont nettement des méandres surimposés, ils se sont approfondis à mesure que se dessinait l'anticlinal oblique des Planchettes. Quant à la discordance la plus remarquable à signaler sur tout le parcours, nous n'y ferons pas appel en faveur de la surimposition, car, comme nous l'avons montré, il est possible de l'expliquer par une simple capture. Pourtant, si l'on écarte cette dernière hypothèse, les deux autres interprétations se ramènent à une surimposition. Elles ont, en outre, l'avantage d'expliquer l'absence de couverture crétacée sur le flanc Nord-Ouest du Châtelard. Ces sédiments auraient disparu sur la rive concave, mais ils auraient subsisté sur la rive convexe, la voussure se serait soulevée sous le lit du Doubs et la vitesse de l'érosion fluviale l'aurait emporté sur celle des mouvements tectoniques.

Avant le pliocène et au début de cette période, c'est-à-dire avant le second plissement et la dislocation de la pénéplaine, l'aspect de la contrée devait ressembler dans son ensemble au synclinal actuel de Villers. Le Doubs s'étalait probablement au fond d'une vallée alluviale assez large, bordée par les anticlinaux surbaissés du premier plissement. Le soulèvement général de la région et les dislocations qui l'accompagnèrent auront redressé le cours du Doubs, sauf en certains points, et l'auront localisé au fond d'un synclinal préexistant, mais passablement rétréci.

La reprise des mouvements tectoniques a dû s'opérer par phases successives et les plus récents semblent avoir été les plus intenses. Les principaux stades du rajeunissement sont caractérisés par une différence d'inclinaison des versants de la vallée. Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, ces derniers se décomposent en deux éléments : nous avons distingué la partie inférieure du profil ou « élément debout » très souvent verticale, de la partie supérieure ou « élément couché ». La rupture de pente entre les deux moitiés de chaque versant se trouve partout à peu près à la même altitude, soit aux environs de 800 m., aussi bien dans

les cluses¹ que dans le synclinal lui-même. Les courbes de niveau de la carte Siegfried l'indiquent assez bien, elles se serrent davantage à partir de cette cote. Le phénomène s'oblitére quelque peu en aval des Graviers, mais cela est dû à une évolution plus poussée des versants que nous avons attribuée au fait que le Doubs a cessé d'approfondir son lit sur ce tronçon à la suite de l'éboulement du Refrain. Des circonstances analogues exposées plus haut ont agi dans le même sens à Moron et au Saut du Doubs. Mais ayant posé ces restrictions, nous pouvons vérifier le fait en plusieurs points de la côte, la pente change à partir de 800 m. C'est le cas pour le versant suisse aux endroits suivants : d'aval vers l'amont, au Pélard, au Corps de Garde, au Bardot, à la Roche Plate, en dessous du Dazenet et des Plaines, à la Grande Beuge et même au-dessus du lac des Brenets à la Tête de Calvin et au rocher Louis-Philippe. Le village des Brenets, lui-même, est situé vers 800 m. sur un palier relié aux Bassins du Doubs par la côte raide du Moulinet. Pour le versant français on trouve le même point critique à des hauteurs équivalentes au Châtelard sur la rive opposée à la Grande Beuge, chez le Grand Caille au-dessus de la Forge et sur le sentier qui conduit des Graviers à Grand'-Combe.

Cette différence de pente entre les deux moitiés de chaque versant est surtout frappante dans la cluse du Châtelot, vue du belvédère du Club Alpin. On observe, en effet, que le niveau moyen de 1000 m. marque la limite des deux cycles par une ligne à peu près horizontale au-dessous de laquelle la partie supérieure des versants s'incline de 30 à 40°, en concordance avec le pendage des couches, puis brusquement la partie inférieure devient presque verticale. Le profil sur chaque rive est symétrique et le changement de pente se fait exactement à 800 m. On retrouve les mêmes éléments avec la même inclinaison au même niveau dans la cluse d'Entre-Roches,² surtout du côté français. Si la symétrie n'est pas aussi parfaite du côté suisse, c'est que ce versant est taillé là en partie dans l'argovien et qu'il a été soumis à un éboulement. Enfin, au Corps de Garde, la route de Biaufond utilise une combe où la pente est plus douce pour descendre la moitié inférieure de la côte, elle décrit toute une série de lacets à partir de l'altitude de 800 m. La tranchée de la route au premier contour recoupe la pente du versant couché, elle est exactement la même que celle que nous venons de signaler dans les cluses de Moron.

Le premier cycle aurait donc été arrêté au niveau de la plateforme située actuellement à une altitude moyenne de 1000 m. Le second cycle se décomposerait en deux phases, l'une durant laquelle le Doubs se serait encaissé jusqu'au niveau de 800 m. et l'autre, qui se poursuit encore aujourd'hui, l'aurait porté jusqu'à son lit actuel. L'évolution de la première phase paraît avoir été plus longue et plus lente que celle de la seconde, comme semble l'indiquer la différence d'inclinaison des versants à partir de 800 m.

¹ Voir cluse du Châtelot, fig. 5 et 18.

² Voir fig. 7.

CONCLUSION.

La conclusion de ce chapitre servira en même temps de conclusion générale à notre travail qui, dans son ensemble, ne vise pas à une démonstration rigoureuse des dernières théories sur la genèse du Jura, mais tend à être tout simplement une étude de morphologie régionale, placée dans le cadre des hypothèses les plus récentes. Après l'exposé de ce dernier chapitre, en liaison avec ce que nous avons dit dans notre introduction au sujet des principaux essais de synthèse du Jura, en particulier des travaux de Brückner et de Machatschek, nous inspirant des idées générales émises par Chabot dans son étude des Plateaux du Jura central, où ces nouvelles hypothèses sont vérifiées dans leur application à une région limitrophe de la nôtre, nous sommes convaincu que la portion franco-neuchâteloise du Jura qui a retenu notre attention jusqu'à présent est bien une zone de transition entre les Plateaux du Jura français, constitués par les lambeaux d'une pénéplaine disloquée, et la région des Hautes Chaînes, plissée à une époque plus récente.

La caractéristique de cette région réside dans l'enchevêtrement de formes mûres et de formes jeunes, étroitement liées les unes aux autres, d'où résulte une complication de la topographie qui rendrait l'interprétation du relief impossible par les seuls moyens dont dispose la géographie, c'est-à-dire par l'analyse des phénomènes superficiels. C'est pourquoi nous avons fait une large part aux données que pouvait nous fournir la géologie concernant la structure intime du sous-sol. Pour cela, nous avons fait appel aux travaux se rapportant directement à notre région, comme ceux de Rollier, Favre, ou à ceux s'y rattachant indirectement, comme celui de Chabot. Nous avons aussi tiré grand profit des indications et des suggestions qui nous furent prodiguées par le D^r Bühler.

Nous trouvons donc des *formes mûres* : c'est principalement la grande plateforme que représente le niveau moyen de 1000 m., auquel se trouve ramenée la surface générale de toute la contrée qui se prolonge fort loin vers le Nord et l'Ouest. Sur ce niveau, nous trouvons, à des altitudes qui ne varient entre elles que d'une cinquantaine de mètres, tous les étages sédimentaires affleurant dans la contrée, de la molasse de la vallée de La Chaux-de-Fonds jusqu'au dogger supérieur des Petites Crosettes et du Corps de Garde. La coupe faite à travers le plateau du Valanvron est celle qui illustre le mieux l'état d'abrasion auquel sont parvenues certaines parties de la région (voir coupe II planche II). En outre, les failles sont partout si parfaitement nivelées qu'il est très difficile d'en reconnaître l'emplacement exact sur le terrain. Citons encore, à la même altitude, la vallée perchée du Pissoux où subsistent des restes de la couverture crétacée du synclinal.

Quant aux *formes jeunes*, elles sont, pour ainsi dire, surimposées aux premières. Les plus frappantes sont les formes d'érosion de la vallée du Doubs qui entaille profondément le milieu du plateau, dont les bords la dominant de chaque côté à une altitude à peu près constante. Des combes très courtes, des cirques et des ravins en forme d'entonnoirs,

entement en particulier le côté suisse. Les combes sont des phénomènes secondaires assez peu développés, exception faite pour celle du Valanvron dont l'origine est probablement antérieure au second plissement. Ces formes secondaires et la pente raide des versants sont l'indice que la vallée du Doubs est encore en plein stade d'approfondissement. C'est d'ailleurs le contraste de cette vallée jeune avec la maturité des formes voisines qui a été pour nous le point de départ de cette étude morphologique.

D'autre part, la chaîne de Pouillerel est un phénomène orographique qui, par sa position avancée et son altitude relativement élevée, contraste aussi passablement dans l'ensemble du paysage où le relief général est plus estompé. Tectoniquement, c'est un anticlinal qui paraît assez bien conservé. Pourtant, à certains indices, on peut reconnaître qu'il doit être depuis longtemps déjà en proie à l'érosion. Son faite est si raboté que des marais ont pu s'y installer sur une étendue relativement importante. Le sommet est situé sur une crête, mais aucune arête rocheuse n'est mise en saillie ; il a la forme d'une coupole parfaitement arrondie et comme surajoutée à l'édifice dont il domine la plateforme supérieure d'une soixantaine de mètres environ. Enfin, le dogger qui affleure sur toute la crête descend assez bas aux deux extrémités de la chaîne ; on le trouve à 1000 m. aux Frêtes, à 1060-1080 aux Carrières-Jaqui. Au Sud, la mise à jour des couches profondes peut s'expliquer par la présence de la cluse du Col-des-Roches, mais au Nord, elles percent dans un ensellement de l'axe et le malm devrait normalement les recouvrir beaucoup plus haut. Enfin, la présence de failles nombreuses au Haut des Combes, coïncidant avec un brusque relèvement des altitudes vers le Sud-Ouest, nous porte à croire que toute la partie de l'anticlinal située à l'Ouest de ces failles a été relevée par des mouvements tectoniques postérieurs à l'abrasion d'un relief préexistant sur l'emplacement même du relief actuel.

L'hypothèse d'une reprise du plissement explique aussi la présence des voissures et des plis secondaires qui épaulent les flancs de cet anticlinal. Ainsi, la voissure des Planchettes, avec son revêtement de jurassique supérieur, si bien conservé, serait de formation plus récente que son prolongement entièrement nivelé à l'Ouest du Valanvron. Les altitudes sur la ligne des Planchettes-Corps de Garde s'abaissent légèrement vers le Nord en même temps que les terrains plus profonds affleurent à la surface. Alors qu'il nous faut monter jusqu'à 1200 m. pour trouver l'argovien dans la région des Planchettes, on le trouve déjà avec quelques pointes de dogger, à 1000 m. et au-dessous en bordure de la côte du Valanvron. Sur le versant de La Chaux-de-Fonds, le chemin qui descend des Endroits aux Éplatures-Temple est situé dans une petite combe qui traverse un accident tectonique où se révèlent, par des effets particuliers, les compressions auxquelles fut soumis le pied de la chaîne. Nous trouvons là dans une carrière le séquanien en couches absolument verticales, un peu plus haut sur le flanc de l'anticlinal, nous avons l'argovien incliné de 25° vers le Sud-Est, tandis qu'un peu plus bas, près des Éplatures, nous avons le kiméridgien incliné en sens inverse de 85° vers le Nord-Ouest. Le pendage de l'argovien et du kiméridgien situés de part

et d'autre du séquanien en position verticale, marque l'emplacement d'un petit synclinal fermé que l'on retrouve d'ailleurs, mais élargi, en dessus du Crêt du Locle au lieu dit Sur les Monts ; le chemin Sandoz en occupe approximativement le fond. D'ailleurs, rien d'étonnant au fait que la poussée du Sud-Est ait ravivé les anciens plis, lors du remaniement de la pénéplaine. C'est, en effet, sur leur emplacement que la résistance au plissement devait être la moins grande, car les anticlinaux étaient alors déchargés de toute l'épaisseur des étages enlevés par les érosions antérieures, tandis que ces mêmes couches, conservées dans les dépressions, pesaient fortement sur le fond des synclinaux et les empêchaient de se soulever. Ces couches furent coincées entre les anticlinaux qui se rapprochaient, déterminant la formation de plis en caisse, mais elles finirent par se plisser pour leur propre compte au moment où les forces de compression latérale atteignirent leur maximum d'intensité.

Ouvrons ici une parenthèse pour remarquer que l'hypothèse émise au sujet des synclinaux du Jura, et de celui de La Chaux-de-Fonds en particulier, pourrait peut-être s'appliquer à l'ensemble du Plateau suisse. Le même phénomène se serait produit alors en grand sur tout le bassin intermédiaire entre le Jura et les Alpes. Cette large cuvette, soustraite à l'action des agents d'érosion subaérienne jusqu'au moment du retrait de la mer molassique, résista aux plissements tertiaires de tout le poids des couches sédimentaires accumulées sur son fond. Tout au plus se sera-t-elle déplacée en bloc et horizontalement avec la couverture jurassienne qui glissait vers le Nord-Ouest et se plissait sur l'emplacement du Jura, déchargé d'une partie de ses sédiments à la suite du plissement et de l'abrasion antérieurs.

En ce qui concerne l'âge des diverses phases de l'évolution de notre région, nous avons vu que tout ce qu'on en peut dire, en se basant sur les travaux de savants qualifiés, tels que Rollier, Brückner et Chabot, pour ne citer que les plus proches de nous, c'est que, abstraction faite du substratum hercynien, les premiers mouvements qui plissèrent le jurassique ont eu lieu avant le miocène. A partir de cette époque, ce qu'on appelle aujourd'hui le Jura-plateau, contrée à laquelle se rattache notre région, fut soumis à une abrasion qui se poursuivit jusque vers le pliocène supérieur. A ce moment-là commença la dislocation et le remaniement de la pénéplaine en voie d'achèvement, laquelle subit le contre-coup du plissement des Hautes Chaînes dont l'érection coïncida avec la phase paroxysmale du plissement alpin.

La reprise des mouvements tectoniques aboutit à un rajeunissement du relief dans ses parties les plus entamées et à un soulèvement général de toute la région. Un nouveau cycle d'érosion s'établit et le Doubs s'encaissa sur place dans la profonde vallée que nous lui connaissons. Nous nous trouvons en présence d'un relief substructural, mais dans un sens un peu différent de celui qu'attribue à ce terme Jules Blache ¹

¹ J. BLACHE, Compte rendu critique du livre de Chabot, dans la *Revue de Géographie Alpine*, Grenoble, t. XVII, 1929, p. 171.

puisque nous admettons deux cycles d'érosion, alors que lui n'en suppose qu'un seul.

A l'appui de l'hypothèse de deux plissements successifs ayant affecté notre région en particulier et le Jura en général, un nouvel argument nous est fourni par un article de Schardt paru dans les *Eclogae Helvetiae* en 1920. Bien qu'il ne soit pas des plus récents, cet article vient seulement de nous tomber sous les yeux et c'est pourquoi nous le citons à cette place. Il confirme indirectement ce que nous avons dit au sujet d'un plissement prémiocène et il suggère, en outre, une nouvelle interprétation du décrochement de la Ferrière.¹

Avant la fin du miocène « la dernière poussée de la dislocation alpine n'avait pas encore eu lieu » et « le plissement définitif du Jura, qui en est un effet corollaire, n'avait pas encore commencé ». Schardt envisage que les cours d'eau descendant des Alpes s'écoulaient librement vers le Nord-Ouest à travers l'emplacement du Jura actuel qui n'existait pas. La barrière des Hautes Chaînes qui les détourna vers le Nord et vers le Sud ne s'éleva que plus tard. Cependant, à cet endroit, devait exister déjà un certain relief puisque l'auteur suppose que les cours d'eau en question, après avoir déblayé un mince revêtement de molasse, entamèrent le jurassique. Ils auraient donc creusé un certain nombre de cluses à travers ce qui restait des chaînes d'un plissement prémiocène, ce qui suppose une abrasion presque complète d'un édifice antérieur. Ces cluses seraient du Sud au Nord : celle de St.-Cergue par où aurait passé l'Arve, celle de Vallorbe-Pontarlier correspondrait à un tracé primitif du Rhône, enfin celle de Tête de Ran-La Ferrière aurait été utilisée par le cours de l'Aar. Lors du second plissement, que Schardt appelle le plissement définitif, ces cours d'eau conséquents furent déviés dans le sens qu'ils ont aujourd'hui, mais non sans avoir laissé des traces de leur passage « dans la tectonique de la chaîne sous forme d'accidents transversaux à l'alignement des plis ». ²

Cette nouvelle hypothèse relative à la formation de décrochements, tels que celui de La Ferrière, nous explique fort bien pourquoi ils ne se prolongent pas à travers toute la chaîne, mais sont localisés sur des distances relativement courtes par rapport à la largeur de la chaîne. Enfin, l'auteur ajoute que pour démontrer l'hypothèse « il faudrait trouver, sur le parcours des anciennes vallées, des restes de sédiments fluviaux avec roches alpines transportées par ces cours d'eau ». On rencontre, dit-il, « dans presque toutes les parties du Haut Jura des amas de galets énigmatiques, très décomposés, dans lesquels les quartzites presque seuls ont été conservés intacts. On les a attribués généralement au glaciaire rissien, mais il est bien possible qu'ils aient un âge plus reculé, soit pliocénique ».

Ce qui, pour nous, est particulièrement important, c'est que cette solution du problème des décrochements transversaux suppose un plis-

¹ SCHARDT, *Les cours d'eau pliocéniques et les accidents transversaux de la chaîne du Jura*. (*Eclogae geol. Helvet.*, t. XVI, n° 1, 1920, p. 120-122.)

² Affaiblissement prédisposant à la fissuration.

sement du Jura déjà passablement nivelé avant le pliocène et le plissement définitif. Remarquons enfin que le décrochement de La Ferrière n'est parfaitement caractérisé qu'au Nord de la chaîne de Tête de Ran, vers le Sud ce n'est qu'une simple faille sans discordance dans le sens horizontal. Cela n'a rien d'étonnant, puisque les Hautes Chaînes n'avaient pas encore surgi au moment où se formaient les cluses miocènes.

Citons, en terminant, quelques lignes de Chabot. Elles servent de conclusion à l'un des chapitres les plus intéressants de son livre :¹ « Ce sont les mouvements tectoniques récents qui ont donné à la bordure du Jura sa physionomie actuelle et qui ont mis fin aux premiers démantèlements. Comme ce sont eux qui ont été les plus intenses dans le Jura, comme leur influence y est encore partout visible, on peut dire que ce sont eux qui ont véritablement construit le Jura. Mais il ne faut pas oublier qu'ils l'ont construit avec des matériaux qui avaient déjà servi. Et, sur les fragments des plateaux qu'ils ont soulevés et encadrés, nous avons pu lire la sculpture des érosions antérieures. De même, sur les ruines des cités antiques, des maisons modernes se sont édifiées ; mais les moellons sont faits de colonnes brisées où apparaissent encore les traces des anciennes moulures ».

¹ CHABOT, *Les Plateaux du Jura central*, p. 181.

BIBLIOGRAPHIE

Liste des ouvrages consultés.

1. BLACHE JULES. *La question des pénéplaines du Jura tabulaire*. Rev. de Géogr. alpine, Grenoble 1929, t. XVII, p. 155-171.
2. BÜHLER HENRI. *Les Crosettes*. Bull. Soc. neuchâtel. Géogr., t. XXVII. 1918.
3. BÜHLER HENRI. *Excursion géologique dans la Vallée du Doubs franco-neuchâtelois*. Almanach du Montagnard 1924, édit. Sauser frères, La Chaux-de-Fonds.
4. BUXTORF A. *Das Längenprofil des schweizerisch-französischen Doubs zwischen dem Lac des Brenets und Soubey*. Eclogae geol. Helvet., janvier 1922, t. XVI, 5.
5. CHABOT GEORGES. *Les Plateaux du Jura Central*. Publications de la Faculté des Lettres de l'Univers. de Strasbourg, fasc. 41, Éditions Belles-Lettres. Paris 1927.
6. CHABOT GEORGES. *Une bibliographie du Jura*. Ann. de Géogr., 15 mars 1924.
7. DELEBECQUE. *Contribution à l'étude des terrains glaciaires des vallées du Doubs et de ses principaux affluents*. Bull. Services Carte géol. France, n° 115, t. XVII, janv. 1907. Compte rendu dans les Eclogae geol. Helvet., t. XI, juil. 1910, p. 246.
8. FAVRE JULES. *Flore du cirque de Moron et des Hautes Côtes du Doubs*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XLIX.
9. FAVRE JULES. *Description géologique des environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds*. Eclogae geol. Helvet., t. IX.
10. FAVRE ET THIÉBAUD. *Monographie des marais de Pouillerel*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XXXIV, 1905-1907.
11. FOURNIER. *Le Doubs et la Loue*. Ann. de Géogr., t. IX, 1900, p. 219-228.
12. GIRARDIN PAUL. *Allure rectiligne des rives dans les cours d'eau à méandres encaissés*. Ann. de Géogr., 15 mai 1908.
13. GIRARDIN PAUL. *Le modelé du Plateau suisse à travers les 4 glaciations quaternaires*. Revue de Géographie 1906-1907, p. 339-371.
14. JACCARD A. *Contribution à l'étude des terrains erratiques*. Bull. Soc. neuchât. Sc. Nat., t. XX.
15. JACCARD A. *Profils géologiques à travers le Canton de Neuchâtel joints à la carte géologique du canton*. Bull. Soc. neuchât. Sc. Nat., t. XI. 1878.
16. JACCARD A. 2^{me} supplément à la *Description géologique du Jura Neuchâtelois et Vaudois et des districts adjacents du Jura français*. Mat. Carte géol. Suisse, 7^{me} livraison 1893.

17. JEANNET ALPH. *Bibliographie géologique de la Suisse. 1910-1920*, Mat. Carte géol. Suisse. 1927.
18. KOPP. *Rapport sur l'observation de 3 sources ferrugineuses du Doubs*. Bull. Soc. neuchât. Sc. Nat., t. IV. 1858, p. 312.
19. DE LAPPARENT A. *Leçons de géographie physique*. 2^e éd. Paris. Masson, 1898.
20. DE MARGERIE EMMANUEL. *Le Jura*. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France; 1^{re} partie, Bibliographie sommaire du Jura Français et Suisse. Paris, Imprimerie Nationale, 1922.
21. DE MARGERIE EMMANUEL. *La structure du Jura*. Actes Soc. Helvét. Sc. Nat., t. I, p. 40-69, 1909 (résumé dans *Eclogae geol. Helvet.*, t. XI, juil. 1910, p. 196).
22. MARTIN J.-B. *Le Jura méridional*. Paris, Delagrave, 1911.
23. DE MARTONNE EMMANUEL. *Traité de Géographie physique*. IV^e éd., Paris, Colin. 1925-1926.
24. MICHEL G. ET DE KONCZA M. *Les entonnoirs et la genèse des formes du modelé des cirques glaciaires*. Bull. Soc. neuchât. Géogr., t. XX, 1909-1910, p. 129.
25. RENEVIER ET SCHARDT. *Notice explicative de la feuille XI (2^e édit.) de la carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000*, relevée par A. Jaccard.
26. ROLLIER LOUIS. *Structure et histoire géologique de la partie du Jura central comprise entre le Doubs, le Val de Delémont, le lac de Neuchâtel et le Weissenstein*. Mat. Carte géol. Suisse, 8^e livraison, 1^{er} supplément joint à la 2^e édition de la feuille 7. 14 profils et planches hors-texte.
27. ROLLIER LOUIS. *Conférence sur la géologie du Jura* (résumé dans *Eclogae geol. Helvet.*, t. XI, n^o 2, p. 197).
28. ROLLIER LOUIS. *Le plissement de la chaîne du Jura*. Ann. de Géogr., t. XII 1903, p. 403-410.
29. ROLLIER LOUIS. *Sur les lapiés du Jura*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat. 1894, t. XXII, p. 54-65.
30. SCHARDT H. *Note sur l'origine du lac des Brenets*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XXXI, 1903, p. 312-324.
31. SCHARDT H. *Notes complémentaires sur l'origine du Lac des Brenets*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XXXVII, 1909-1910, p. 310.
32. SCHARDT H. *Brèche énigmatique aux Brenets*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XXX, 1902, p. 427.
33. SCHARDT H. *Le Cours souterrain de la Ronde*. Bull. Soc. neuchâtel. Sc. Nat., t. XXXVII, 1909-1910, p. 364.
34. SCHARDT H. *Les cours d'eau pliocéniques et les accidents transversaux du Jura*. *Eclogae geol. Helvet.*, t. XVI, n^o 1, 1920, p. 120-122.
35. *Cours de géographie physique*, de M. le Prof. GIRARDIN (notes).
36. *Cours de géologie*, de M. le Prof. DE GIRARD (notes).
37. *Dictionnaire géographique de la Suisse*. Articles *Doubs, Saut du Doubs, Lac des Brenets, Cirque de Moron*, etc..., par Rollier, Schardt et Borel.
38. *Dictionnaire géographique de la France*. Mêmes articles.
39. *Annuaire hydrographique de la Suisse*. Périodique publié par le Bureau hydrographique fédéral. Années 1906 et 1927.
40. *Le développement de l'hydrométrie en Suisse*. Élaboré et publié par le Bureau hydrométrique fédéral. Berne 1909 (distribué en 1910).

CARTES CONSULTÉES

CARTES GÉOGRAPHIQUES :

1. *Atlas Siegfried* au 1 : 25 000, feuilles 83, 116, 130.
2. *Carte topographique de la Suisse* au 1 : 100 000, feuille *Colombier*.
3. *Carte des Gorges du Doubs, entre Les Brenets et Biaufond* au 1 : 50 000, par W. Brendel, pour le Bureau officiel de renseignements.
4. *Carte topographique de la France* au 1 : 50 000, feuille d'*Ornans*, type 1889, n° 127.

CARTES GÉOLOGIQUES :

5. *Carte géologique de la Suisse* au 1 : 100 000, feuilles 6 et 7.
6. *Carte géologique des Environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds* au 1 : 25 000, par ROLLIER ET FAVRE, édit. 1911. Mat. Carte géol. Suisse, Carte spéciale n° 59.
7. *Carte géologique de la France* au 1 : 80 000, feuille *Ornans*, n° 127.
8. *Carte géologique des Environs de Saint-Imier* au 1 : 25 000, par L. ROLLIER, publiée par la Commission géolog. suisse en 1893.

VOLCANS DE BOUE ET SOURCES DE PÉTROLE DE L'ÉTAT DE MONAGAS

VÉNÉZUELA ORIENTAL

PAR

BERNARD WASSERFALLEN

Ces phénomènes naturels sont disposés sur une ligne qui semble être dans le prolongement du promontoire aigu que forme l'extrémité Sud-Ouest de l'île voisine de la Trinité. Le golfe de Paria, peu profond et dont l'eau est considérablement adoucie par les apports des bras septentrionaux de l'Orénoque, sépare la colonie anglaise du continent sud-américain.

Volcans de boue et gisements d'asphalte se trouvent dans les « llanos », la grande plaine de la vallée de l'Orénoque, sur rive gauche, les premiers dans la savane désertique et la forêt maigre, les seconds dans les marais côtiers, dans ces immenses solitudes sylvestres, habitées par quelques tribus d'Indiens Guaraunos, à peine touchés par la civilisation espagnole. Grâce au limon du grand fleuve, retenu par les racines des mangrovières, la terre, qui est loin d'être ferme, progresse insensiblement, mais continuellement vers le large.

Le terme volcan est employé à tort, car il ne s'agit pas de vrais volcans éjaculant des matériaux incandescents, mais bien d'innocents exutoires d'où jaillit, accompagné de borborygmes souvent impressionnants, un limon clair, froid, salé, de couleur gris-verdâtre, quelquefois recouvert d'irisations décelant la présence du pétrole. Mais l'analogie topographique reste frappante entre ces volcans en miniature et les vrais volcans.

Certains de ces volcans sont permanents. Le limon liquide s'échappe presque sans interruption d'un petit orifice sans accompagnement bruyant. Ce « cratère » fait penser à une marmite pleine d'une soupe épaisse mijotant sur un feu doux : de grosses bulles se forment continuellement, d'où le gaz naturel s'échappe gentiment. Une allumette enflammée à fleur du niveau de la boue fera jaillir de petites flammes bleuâtres. Le limon s'écoule par de petits canaux latéraux et s'étale sur les pentes douces et très étendues où le soleil tropical a vite fait de l'immobiliser (voir fig. 1, 2, 3, 8).

D'autres sont temporaires. Après des intervalles variant de quelques

minutes à plusieurs heures pour le même volcan, une véritable explosion se produit. Le gaz, en s'échappant brusquement, projette en l'air la boue liquide remplissant le cratère. Cette boue retombe en pluie tout autour et contribue à surélever le cône à parois souvent très abruptes (voir fig. 4, 5, 6, 7, 9).

Les abords de ces volcans de boue sont complètement dépourvus de végétation ; c'est un spectacle « lunaire » que ces cônes blanchâtres et nus entre les parois de la forêt tropicale.

Le limon gazeux provient certainement de couches peu profondes, puisque sa température n'est pas supérieure à celle de l'eau de surface. On explique sa formation par la présence d'une faille, à travers laquelle s'échappe du gaz naturel (hydrocarbures variés) et de l'eau salée. Grâce à la poussée du gaz, ce mélange entraîne dans son ascension des sables fins rencontrés dans les couches argileuses et imperméables, sous la protection desquelles le pétrole et le gaz sous pression se sont accumulés.

La boue liquide, ainsi formée, contient quelquefois du pétrole en émulsion. Celui-ci, plus léger, surnage et déborde lentement sur les côtés du cratère. Le soleil le dessèche rapidement et le transforme en asphalte dont les dépôts atteignent souvent plusieurs mètres en hauteur et plusieurs hectares en surface (voir fig. 13, 14, 15).

Quand le boyau souterrain qui relie le volcan à la nappe pétrolifère s'obstrue, le volcan « s'éteint » et la végétation le recouvre rapidement. Un nouveau volcan surgira quelque part dans les environs immédiats et permettra au limon salé et au pétrole de s'échapper inlassablement sous la poussée irrésistible du gaz.

On a remarqué que l'activité des volcans de boue est plus grande pendant la période des pluies que dans la saison sèche.

Aux alentours d'un volcan, on trouve toute une colonie d'anciens cônes, difficiles à voir à travers une végétation très fournie. L'altitude de ces familles de collines en miniature est d'environ une dizaine de mètres supérieure au niveau moyen de la plaine.

Il existe aussi des sources d'eau salée jaillissant sous la pression du gaz, dans le voisinage des gisements d'asphalte. Pendant la saison sèche, l'eau s'évapore et dépose des cristaux. Les Indiens connaissent de longue date ces endroits et viennent y recueillir un beau sel blanc, analogue au sel marin, qui couvre la surface du marécage desséché.

On suppose que les volcans de boue et les sources de gaz, de pétrole et d'eau salée sont en relation avec des gisements souterrains, qui ne se trouvent pas nécessairement immédiatement en dessous de ces manifestations purement extérieures. Il est généralement impossible de déterminer, par la méthode ordinaire, la nature tectonique du gisement pétrolifère, recouvert d'épaisses couches d'alluvions. On est alors obligé d'avoir recours au procédé géophysique de prospection, ce sixième sens de la géologie moderne.

Novembre 1930.

Des 18 photographies, 3 ont été prises par M. C. L. Bos, les autres par l'auteur, au cours de l'année 1930.

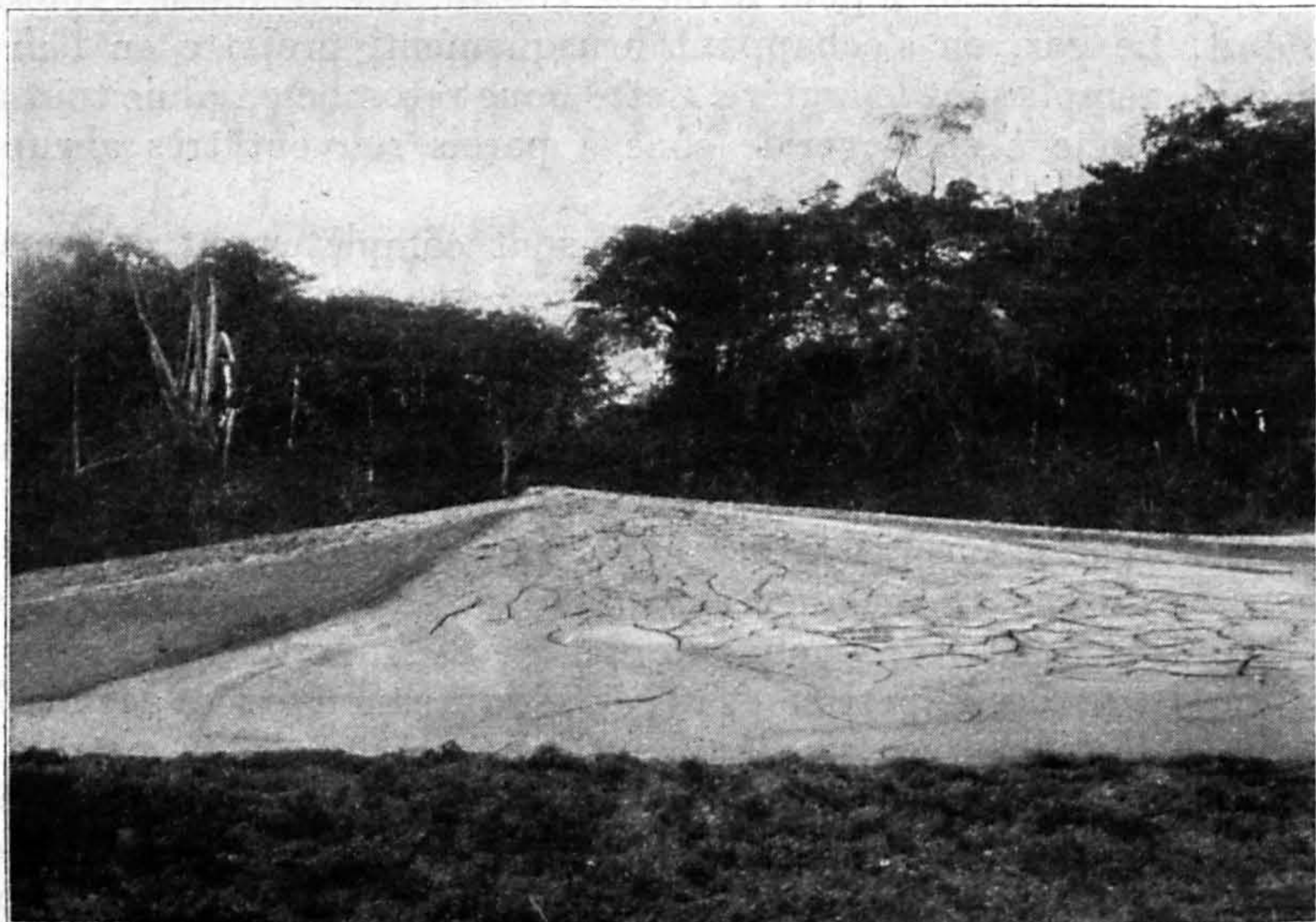


FIG. 1. — VOLCAN « EL HERVIDERO »

(hervir = bouillir), à 15 km. au Sud-Est de Maturin. Le cône blanchâtre n'est que le sommet du volcan dont le diamètre total atteint 350 m. et la hauteur totale 15. Hauteur du cône visible ici : 2 m. ; diamètre : 30 m. Le reste est recouvert de végétation.

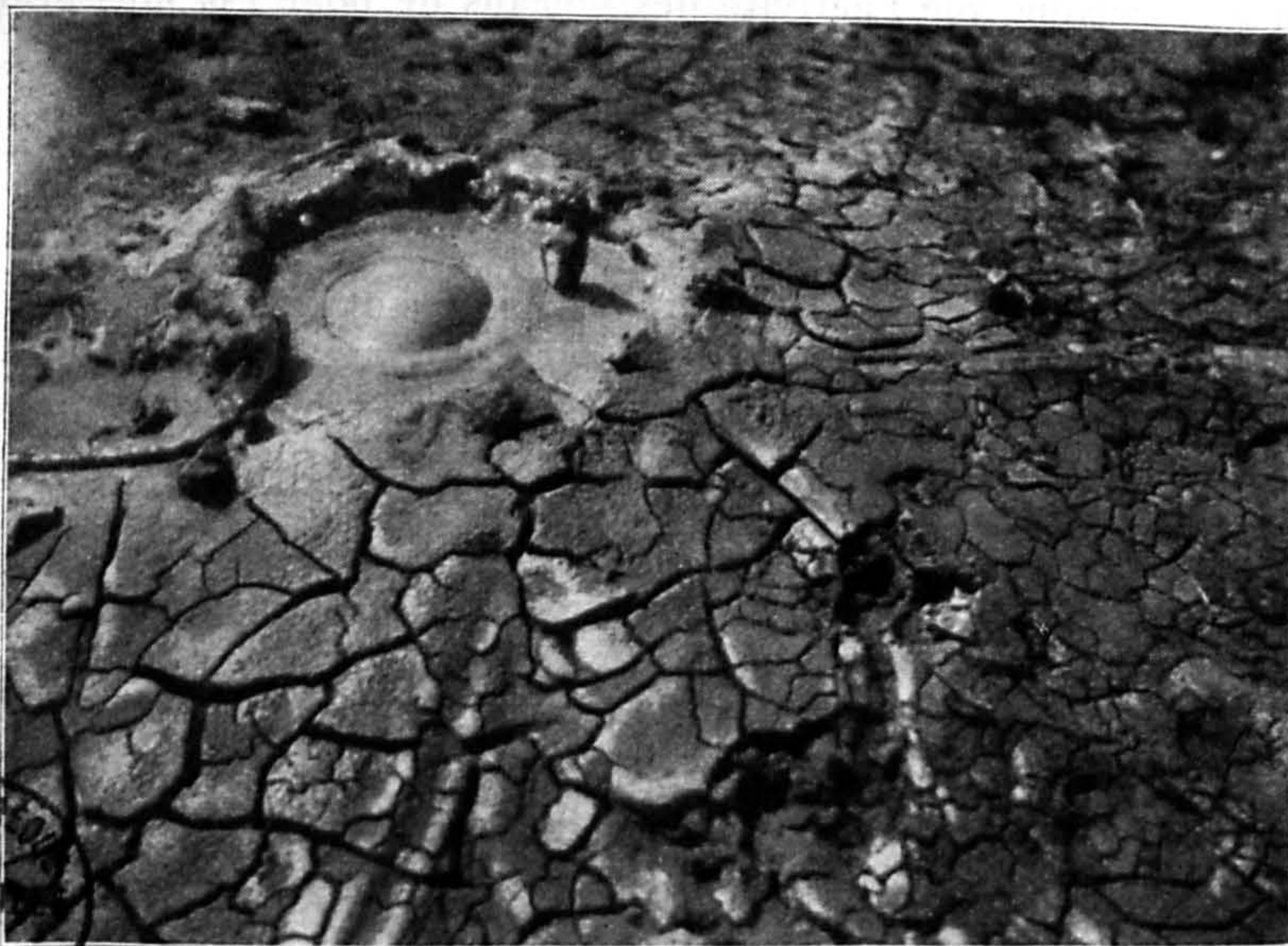


FIG. 2. — CRATÈRE DU VOLCAN « EL HERVIDERO ».

Diamètre : 0,50 m. Une bulle de gaz crève la surface et va chasser le limon dans le petit canal sur la gauche.

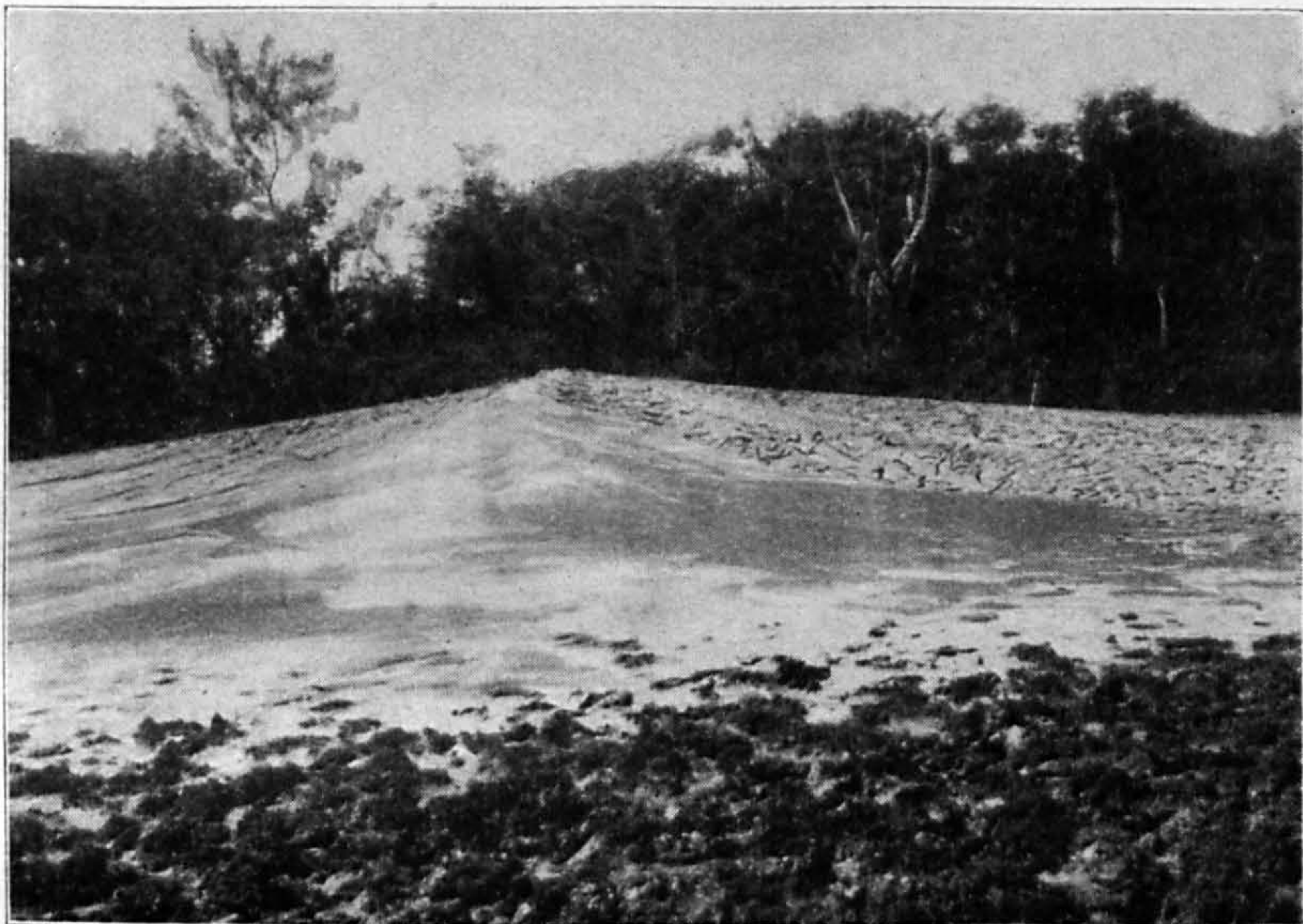


FIG. 3. — CÔTÉ DU VOLCAN « EL HERVIDERO »
où s'étale le limon. Ce volcan est permanent, mais plus actif en été (période des pluies)
qu'en hiver.



FIG. 4. — VOLCAN « LAS BOMBAS »
à 35 km. à l'Est de Maturin. Bouche principale, intermittente. Diamètre au sommet :
4 m., hauteur : 4 m.



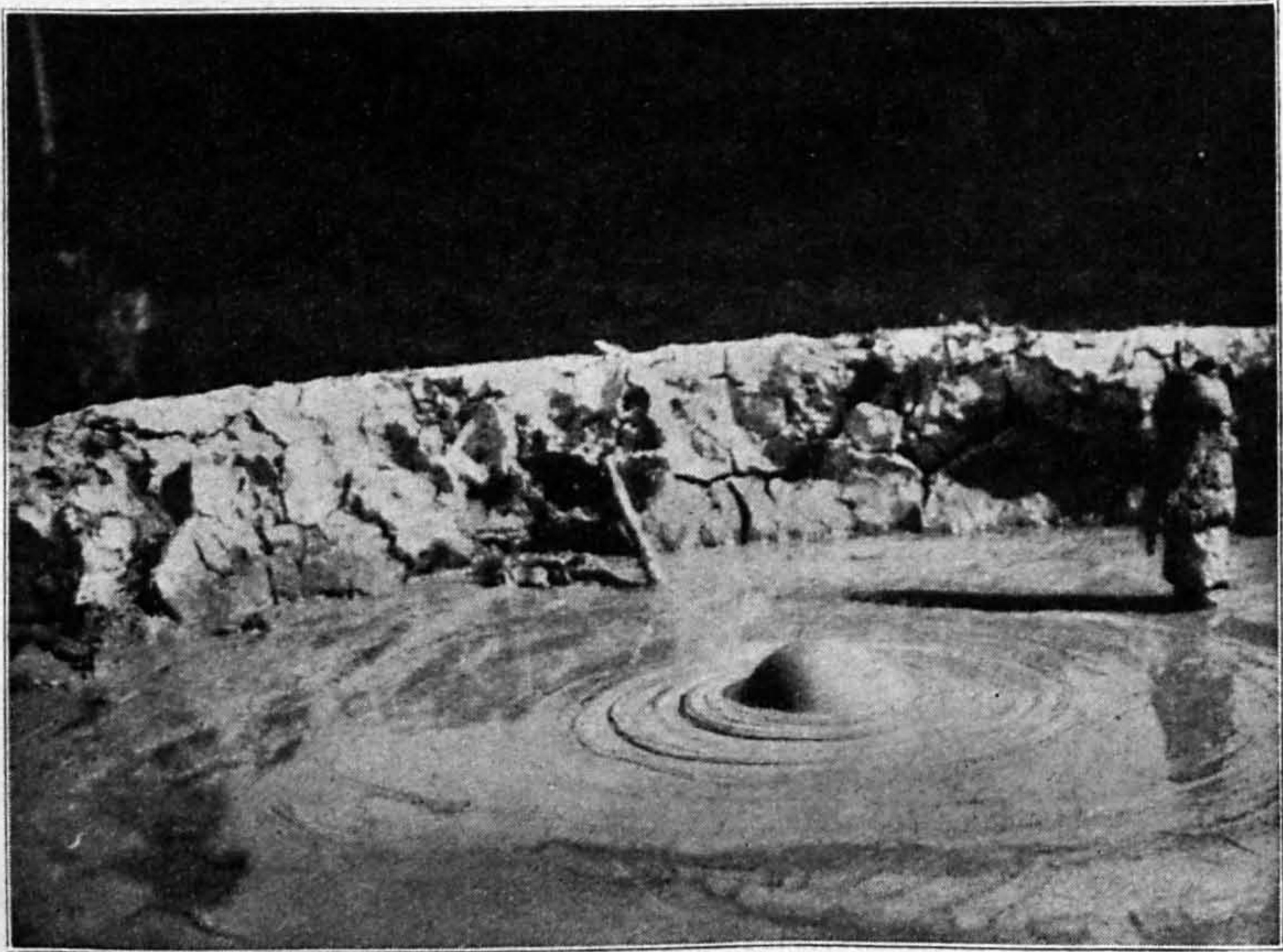


FIG. 5. — PETITE BULLE DE GAZ
dans l'intérieur du cratère du volcan « las Bombas ».



FIG. 6. — GROSSE BULLE DE GAZ
d'environ 0,50 m., dans le même volcan.



FIG. 7. — BULLE DOUBLE
dans le volcan « las Bombas ».

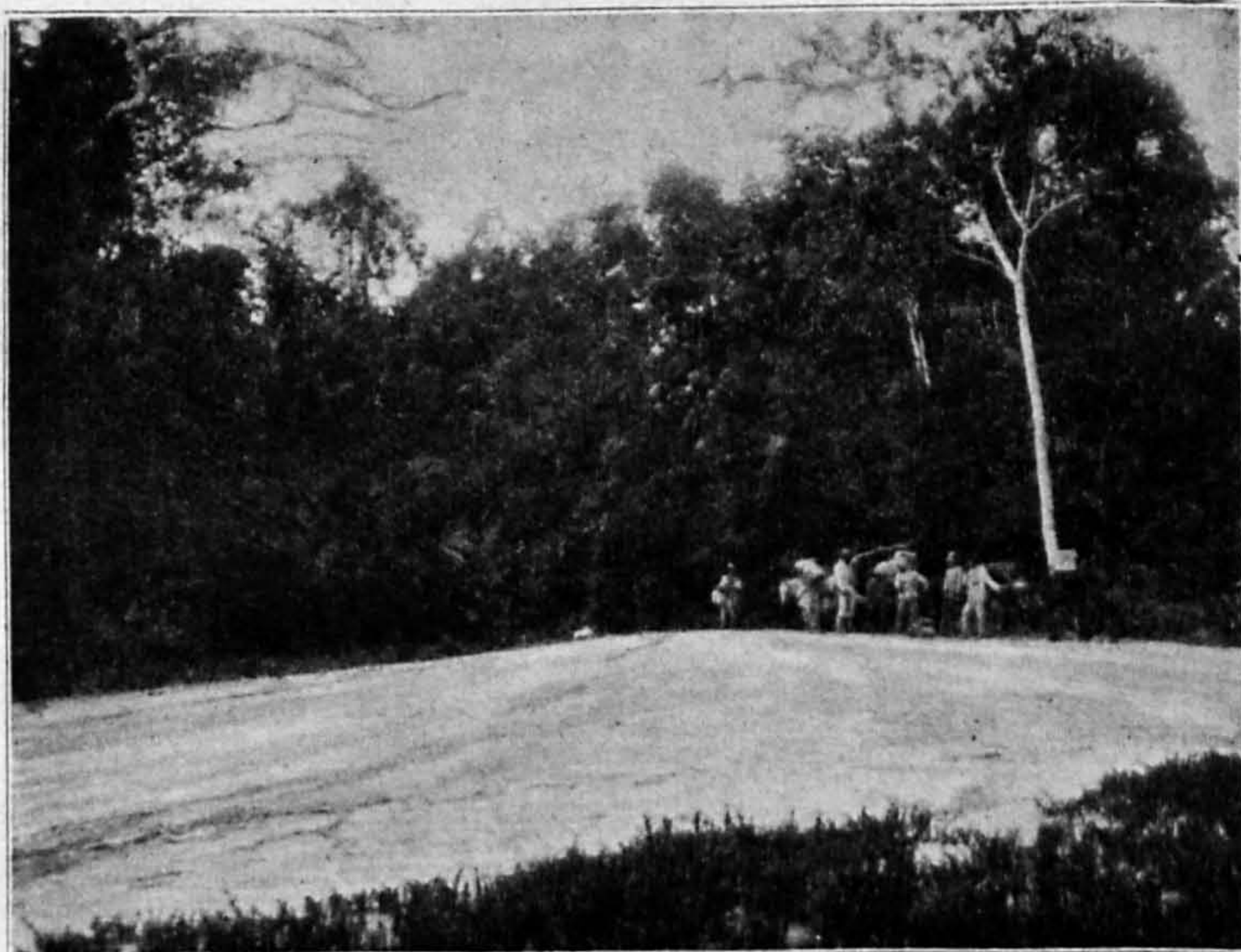


FIG. 8. — VOLCAN SECONDAIRE
du groupe de « las Bombas », permanent, mais peu actif.



FIG. 9. — VIEUX VOLCAN
dans le même groupe, à activité très ralentie.
On le voit sur la figure 4, en noir, sur la gauche.



FIG. 10. — GISEMENTS DE GUANIPA
en face de la Trinité, à l'extrémité Nord du delta de l'Orénoque. Lac d'asphalte
(100 × 50 m.). L'asphalte recouvre le limon liquide à travers lequel le gaz, l'eau salée et le
pétrole lourd jaillissent continuellement. Ce gisement était exploité avant la guerre par
la « Val-de-Travers asphalt and paving Company ».



FIG. 11. — LAC D'ASPHALTE

détail de la fig. 10. Partie active : le gaz bouillonne dans l'eau salée. Tout autour, de l'asphalte sur lequel se sont collées des feuilles tombées de la forêt voisine.



FIG. 12. — GAZ PUR

s'échappant dans le marais, au voisinage du lac d'asphalte.



FIG. 13. — SOURCE DE PÉTROLE (GUANIPA)
à l'arrière-plan, avec grand dépôt d'asphalte.



FIG. 14. — SOURCE DE PÉTROLE
détail de la fig. 13, partie active. Le pétrole s'écoule vers l'arrière-plan.



FIG. 15. — BOUILLONNEMENT
dans la source de la fig. 14. Le limon brun, contenant beaucoup de pétrole en émulsion
s'agite sous la poussée des gaz.



FIG. 16. — BULLE DE GAZ
hauteur : 25 cm., crevant périodiquement la surface encore liquide du dépôt d'asphalte.
Se voit sur la fig. 13, au premier plan, entre les deux Indiens.



FIG. 17. — BULLE
de gaz dans du pétrole déjà un peu desséché.



FIG. 18. — LAGUNE D'EAU SALÉE
près des gisements d'asphalte de Guanipa. L'eau salée jaillit du sol en plusieurs endroits
sous la poussée du gaz. A l'arrière-plan, incendie de forêt, allumé par les Indiens pour en
faire sortir le gibier.

RAPPORT DE GESTION

pour l'exercice 1930

lu à l'Assemblée générale du 25 mars 1931.

MESDAMES, MESSIEURS,

Le Comité. — Le Comité élu par la dernière Assemblée générale s'est constitué comme suit : *Président* : M. Th. Delachaux ; *Vice-Présidents* : M. Adolphe Berthoud et M. le Dr Georges Borel ; *Secrétaire* : M. Alphonse Jeannet ; *Vice-Secrétaire* : M. Henri Schelling ; *Rédacteur du Bulletin* : M. Ch. Biermann ; *Caissier* : M. Edgar Borel ; *Archiviste* : M. G. Juvet ; *Assesseurs* : M. Émile Argand, M. Edouard Wasserfallen et M. Paul Vouga. M. Alph. Jeannet a bien voulu se charger encore des fonctions de bibliothécaire.

Dans le courant de cet exercice nous avons eu le grand regret de recevoir la démission de M. Jeannet comme secrétaire et comme membre du Comité. Chacun connaît le dévouement et la compétence avec laquelle ce dernier accomplissait sa tâche et seules des raisons de santé l'ont obligé d'y renoncer. Aussi lui souhaitons-nous un prompt rétablissement et nous espérons qu'il pourra bientôt rentrer dans le sein de notre Comité. Le vice-secrétaire a assumé l'intérim, en attendant que le secrétaire soit remplacé.

État de la Société. — L'état des membres de la Société dont la courbe descend plus ou moins régulièrement depuis dix ans, ne laisse pas que d'être inquiétant. Sans être pessimiste, il ne sert à rien de cacher l'état de fait. En 1921, la Société comptait un total de 420 membres actifs. Elle n'en compte plus actuellement que 263. Le déficit est donc de 157, ce qui est un chiffre impressionnant. Les causes de cette diminution sont multiples et votre comité n'a pas attendu à ce jour pour tâcher d'y remédier. Il semble malheureusement que les efforts faits jusqu'ici n'aient pas porté les fruits qu'on en attendait et il s'agit, avant qu'il soit trop tard, d'en essayer de plus énergiques. Pour le moment nous réitérons l'appel fait à diverses reprises par vos présidents de bien vouloir faire une propagande active autour de vous et d'engager votre entourage à se faire recevoir membre de la Société neuchâteloise de Géographie.

Nous avons à déplorer le décès des membres actifs suivants :
M. Paul Dessoulavy, prof., Neuchâtel ; M. H. Schardt, prof., Zurich ;
M. le colonel Gyger, Neuchâtel ; M. le Dr Parel, Peseux.

En outre, cinq démissions nous sont parvenues.

Activité. — L'activité de la Société s'est manifestée par la publication du tome XXXIX du *Bulletin* qui compte 150 pages. Il contient le récit du voyage d'exploration de la Mission scientifique suisse en Angola (1928-1929), par le Dr A. Monard ; en outre, une étude des collections ethnographiques rapportées par ce dernier et un article de M. B. Wasserfallen sur les « Tatuco » du Vénézuéla. Suivent les rapports 1927, 1928 et 1929 du Musée d'ethnographie de Neuchâtel et enfin les recensions bibliographiques faites par le rédacteur du *Bulletin*.

Deux conférences ont été données à l'Aula de l'Université, la première, le 14 janvier 1931, par M. José Barreto de Atalayaõ sur le *Portugal et ses relations avec la Suisse* ; la seconde, le 18 février, par M. le Dr A. Monard sur *Un peuple primitif, les Wa-Nganguéla de l'Angola*. Toutes deux étaient agrémentées de projections lumineuses. Une troisième conférence sera donnée tout à l'heure par M. le professeur Ch. Biermann sur *Un voyage en Yougoslavie*, avec projections également.

Notre Société a reçu une invitation flatteuse de la part de la *Société royale de Géographie de Londres* à l'occasion des fêtes de son 100^e anniversaire. M. le prof. Biermann, qui fut notre délégué, a assisté à ce jubilé et a transmis notre adresse officielle. Rappelons ici que M. Biermann a été nommé membre honoraire de cette société ; nous réitérons au rédacteur de notre *Bulletin* nos félicitations pour cette distinction.

M. Biermann a bien voulu représenter notre Société dans les séances de l'Association des Sociétés suisses de Géographie dont le Vorort est actuellement Genève. La question importante à l'ordre du jour était celle du choix de l'échelle de la nouvelle carte de la Suisse.

Cette Association fêtera prochainement son 50^e anniversaire. Les membres de notre Société ont reçu, en même temps que la convocation de la présente séance, le programme de ces festivités qui auront lieu à Genève du 10 au 12 avril. Nous engageons vivement tous ceux qui pourront s'y rendre de ne pas manquer cette occasion.

Signalons enfin deux dons, l'un de fr. 500.— de la Société suisse des Ciments de Portland, l'autre, de fr. 300.—, d'un anonyme. Ces deux sommes, destinées à nous faciliter la publication du *Bulletin*, ont été un appui particulièrement précieux et nous exprimons aux généreux donateurs notre très vive gratitude.

Le Président,

THÉODORE DELACHAUX.

MUSÉE D'ETHNOGRAPHIE
DE LA VILLE DE NEUCHÂTEL

RAPPORT
SUR L'EXERCICE 1930

PAR

TH. DELACHAUX, CONSERVATEUR

Aucun événement transcendant ne marque l'exercice 1930 ; seule la collection Monard de l'Angola a subi un nouvel arrangement grâce à un deuxième envoi qui est venu compléter de façon heureuse sur bien des points le premier. L'œuvre du catalogue a été continuée ainsi que le travail des étiquettes et des écriteaux. C'est en effet dans ce domaine qu'un grand effort est encore à faire pour que les visiteurs puissent tirer profit de leurs promenades à travers les collections en trouvant les explications indispensables sur les étiquettes, soit pour des objets isolés soit pour des groupes d'objets. C'est là un travail minutieux et long, nécessitant de longues recherches bibliographiques. Une cinquantaine d'écriteaux ont été placés ou remplacés dans la section africaine.

Dons et achats. — A part quelques objets isolés, c'est l'Afrique qui est cette année encore la mieux représentée dans les acquisitions nouvelles. L'Angola nous a fourni un second envoi de 63 objets par l'intermédiaire du Dr A. Monard. Ce sont surtout des costumes de danse, tricots, pagnes et masques. Parmi ces derniers, deux beaux masques en étoffe d'écorce représentant un gnou et une autre antilope. Ce sont encore des sacs en écorce pour les transports de maïs, etc., des instruments divers tels que houes à deux manches, battoir à écorce, haches, flèches diverses, les unes à tranchant frontal, d'autres à masse de bois servant contre les oiseaux. Tous ces objets proviennent des Wa-Nganguéla. D'une tribu guerrière peu connue, les Kuanyama, deux poignards à gaine de bois ajourée ainsi qu'une flèche empoisonnée (achat).

M. le missionnaire P. Fatton nous a remis en don une étoffe d'écorce des Ba-Tchopi (Mozambique) et M. Alfred de Meuron une ceinture de femme cafre, faite d'un bourrelet de cuir garni de perles de verre roses et munie d'un devantreau (Afrique du Sud).

M. le missionnaire E. Freiburghaus nous a fourni une jolie série d'objets du Camérout. Une partie de ces objets a été donnée, l'autre achetée. Signalons une belle chaise sculptée polychrome, avec animaux et personnages ; une belle étoffe décor noir ; des têtes de pipes et un beau couteau de guerre.

M. A. Mathey-Dupraz de Colombier nous a remis en don quelques objets de la Haute-Égypte et de la Nubie. Enfin, nous avons fait l'acquisition de deux statuettes en bois sculpté, dont l'une est une figurine commémorative d'un très beau style des Pangwé du Camérout, l'autre un fétiche à clous du Nord de l'Angola, fétiche d'un type que nous ne possédions pas encore. Il s'agit d'un de ces fétiches à clous servant à guérir des maladies qui sont la spécialité de démons bien déterminés. Ils sont en usage chez les Ba-Kondé du Bas-Congo.

De l'Amérique du Sud, nous avons reçu de M. B. Wasserfallen, ingénieur, un arc et cinq flèches, dont l'une (de la frontière du Vénézuéla et de la Colombie, région du Rio de Oro) avait atteint un des péons de la caravane et dont la pointe brisée avait dû être retirée de la plaie. L'arc et les quatre autres flèches proviennent du delta de l'Orénoque (région de Pedernales) des Indiens Guaraunos.

M. le Dr F. Machon, en deux envois, a bien voulu compléter le beau don qu'il nous avait fait précédemment, par une série de poteries, principalement des Indiens Cadoéos (8 pièces), d'autres du Paraguay (7 pièces), une paire d'étriers de bois sculpté, ainsi qu'une photographie de 1903 représentant M. L. de Boccard au milieu d'une tribu de Cainguas, photographie dédiée par ce dernier au Dr Machon.

Enfin, un bel envoi de M. le Dr Métraux, directeur de l'institut d'ethnologie de Tucuman, en Argentine, qui, à deux reprises déjà, lors de son passage à Neuchâtel, avait fait don à notre Musée d'objets provenant de ses explorations en Amérique du Sud, vient enrichir nos séries andines. Ce sont quatre objets des Indiens Ahslushlay et 17 objets des Indiens Chiriguano, deux tribus du Chaco bolivien. Collectionnés par un ethnographe comme l'est M. Métraux, ces objets ont une valeur scientifique toute spéciale.

Nos collections océaniques ont été enrichies d'une pièce importante ; c'est une belle hache votive des Iles Hervey que M^{me} A. Dubied nous a remise en même temps que quelques autres objets dont une peinture australienne du même artiste que celles que nous possédions déjà et représentant une danse du bumerang.

Antiquités égyptiennes. — Le rapport précédent signalait un beau don anonyme de fr. 2000. M. Gustave Jéquier, avec la moitié de cette somme, a acquis pour notre Musée une stèle d'un très beau style, de la XIX^e dynastie, ainsi que deux vases, l'un d'albâtre et l'autre de granit, provenant tous deux du mobilier funéraire du roi Djéser de la III^e dynastie. C'est là un fort bel accroissement de notre section d'archéologie égyptienne. M. Gust. Jéquier a fait don d'un ostracon et de fragments d'un vase décoré de pampres. Le conservateur a fait don d'un vase (alabastron rapporté d'Égypte vers 1850).

La *bibliothèque* a reçu durant l'année les échanges habituels que nous valent notre rapport. Deux cartes murales de l'Afrique ont été données par M^{me} A. Dubied.

Les rapports 1927, 1928 et 1929 ont paru en une seule brochure tirée à part du *Bulletin de la Société neuchâteloise de Géographie*, t. XXXIX, 1930. Nous les avons envoyés en même temps que le tiré à part du travail du D^r A. Monard intitulé : *Note sur les Collections ethnographiques de la Mission scientifique suisse en Angola* et publié dans le même *Bulletin*. Les clichés illustrant cette étude ont été faits aux frais du Musée et restent sa propriété. Les photographies des objets ont été faites par le conservateur.

M. le D^r Stauffer a fait don de plusieurs catalogues illustrés de ventes d'art exotique. Le conservateur a présenté à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles (section d'anthropologie et d'ethnologie) à Saint-Gall deux communications sur nos collections de la Nouvelle-Calédonie et de l'Angola. Elles étaient illustrées de projections dont les diapositifs, au nombre de 31, ont accru notre collection qui, à vrai dire, en est encore à ses débuts. Lorsqu'elle sera un peu plus riche, elle pourra être employée avantageusement pour l'enseignement.

Nous avons reçu les sommes suivantes destinées à l'achat de la collection de l'Angola : de M. W. Russ, fr. 300 ; de M. Eug. de Coulon, fr. 100 ; et de M. Paul Robert, fr. 100.

Nous exprimons à tous les généreux donateurs, grâce auxquels notre Musée s'enrichit chaque année, nos remerciements les plus vifs.

NÉCROLOGIE

JEAN BRUNHES

1869-1930

Avec Jean Brunhes, mort le 24 août 1930, la *Société neuchâteloise de Géographie* a perdu l'un de ses plus anciens membres effectifs, puisqu'il lui appartenait depuis 1899. Il lui était venu aussitôt après son arrivée à Fribourg, où il fut le premier à occuper la chaire de géographie de la jeune Université, et il lui resta constamment fidèle. Il fut nommé en 1905 membre externe du Comité, dont il ne sortit qu'à son départ, en 1912, pour Paris, où une chaire de géographie humaine avait été créée pour lui au Collège de France. A cela ne se sont pas bornés ses rapports avec notre Société : il accepta à plus d'une reprise de faire des conférences à Neuchâtel, conférences toujours très goûtées et très courues ; il donna à notre *Bulletin* une étude suggestive : *L'homme et la terre cultivée. Bilan d'un siècle*, parue dans le tome XII, 1900. Dix ans plus tard, il y annonçait la troisième édition des *Leçons de Géographie physique* d'Alb. de Lapparent, qui avait été son maître.

Ces quelques détails montrent que Brunhes, Français et professeur dans une Université internationale, n'avait pas songé à s'isoler du pays où il avait été appelé à séjourner. Il prit au contraire une part très active à la vie de la Suisse romande ; il s'intéressa aux questions sociales, il dit son mot dans les questions économiques, si bien qu'il fut chargé, en 1907, de faire un cours de géographie à l'Université de Lausanne.

Ce que fut son enseignement, ceux qui ne l'ont pas suivi peuvent s'en faire une idée en lisant sa *Géographie humaine*, ce livre qu'il a conçu et rédigé dans notre pays, et où abondent les exemples pris à la Suisse. Il y a fait œuvre tout à fait originale, et a ouvert à la géographie des voies toutes nouvelles.

On permettra à l'un de ses anciens élèves de Lausanne de lui réserver ici un hommage de reconnaissance.

• CHARLES BIERMANN.

EDG. KANT. *Linnaliste elatisstandardite astendus. Gradation des subsistance-types urbains*. Résumé méthodique : Traitement de la consommation dans l'économie politique et la géographie économique. Tartu ülikooli majandusgeograafia seminari üllitised. Publicationes seminarii universitatis Tartuensis oeconomico-geographici. N° 1. 1 broch. in-8. 63 p. Tartu. 1931.

On ne donne pas assez d'importance en économie politique à l'étude des faits de consommation, que l'on subordonne trop à ceux de production, plus facilement saisissables par les enquêtes statistiques, et on n'a pas encore essayé de faire une géographie de la consommation. L'auteur le tente en s'appuyant sur les chiffres que l'on possède pour beaucoup de grandes villes concernant le logement, l'alimentation, etc. Il reconnaît ainsi 7 types qu'il classe comme suit en gradation descendante du « standard of life » : I. Type des pays d'outre-mer. II. T. nord-occidental de l'Europe. III. T. scandinave. IV. T. de l'Europe centrale. VI. T. eurasiatique (russe). VII. T. méditerranéen. VII. T. afrasiatique, c'est-à-dire des pays méditerranéens d'Afrique et d'Asie. Faute de documents, il laisse de côté les pays ni européens, ni européenisés. BIERMANN.

DANIEL ROSA. *L'Ologénèse*. Nouvelle théorie de l'évolution et de la distribution géographique des êtres vivants. Adapté de l'italien par l'auteur. Paris, Alcan. 1931. 1 vol. grand in-8, de 368 pages.

J'ai déjà eu l'occasion d'exposer la théorie de l'ologénèse à propos d'un ouvrage du Dr G. Montandon qui l'a appliquée à l'homme. (Cf. *Bulletin* de 1929, p. 182-183.) C'est un essai d'explication de l'étendue actuelle des habitats des diverses espèces. C'est par l'ologénisme que se comprend, sans faire intervenir des connexions territoriales difficiles à prouver, et dont on a en tout cas abusé, la présence de formes identiques ou proches sur des points isolés et éloignés les uns des autres. La distribution actuelle des types qui ne sont pas cosmopolites résulte d'extinctions partielles et locales. L'auteur oppose donc son explication à la théorie des centres de création, d'où les espèces auraient rayonné par migrations. Sans contester celles-ci, il estime que, à part l'époque actuelle où l'amélioration des moyens de transport par l'homme a profité aussi aux espèces animales et végétales, nous observons partout des rétrécissements d'aires et non pas des extensions. S'il n'utilise pas les ponts continentaux, il invoque la date différente d'émersion des terres pour expliquer la différence des faunes et des flores. Une terre récemment émergée n'a pu être peuplée par les types qui ont passé précédemment de la vie marine à la vie limnique et, de celle-ci, à la vie terrestre. D'autre part, si l'Australie, par exemple, possédait originairement des mammifères aplacentaires, mais pas de placentaires, c'est que ceux-ci n'avaient pas ceux-là pour ancêtres, mais un rameau différent, tardif, ce qui n'empêche pas qu'il pouvait avoir passé antérieurement de la mer à la terre, alors que l'Australie, encore immergée, ne pouvait en recevoir les représentants. Cette théorie mérite évidemment d'être confrontée avec les faits reconnus par la géologie. BIERMANN.

LUIS THAYER OJEDA. *La Etiopia mitologica*. Comunicacion leida en la sesion de 22 de mayo de 1923 en la « Société scientifique du Chile ». Valparaiso. 1930. 1 broch. in-8 de 36 pages.

On peut admettre que les fables mythologiques reposent sur des faits certains ; mais, sous les déformations qu'a subies la tradition pour venir jusqu'à nous, y a-t-il des chances pour que nous arrivions à reconstituer les événements ? L'auteur de cet opuscule, continuant des recherches dont nous avons déjà rendu compte dans ce *Bulletin*, place les Ethiopiens de la mythologie dans la région du détroit de Sicile d'où ils auraient été délogés lors de la réunion, par la formation de ce détroit et d'autres, des bassins isolés antérieurs, en une seule mer, la Méditerranée.

BIERMANN.

FRÉDÉRIC MONTANDON. *Étude de toponymie alpine*. De l'origine indo-européenne des noms de montagnes. Extrait des *Mémoires du Globe*, tome 68, 1929, Genève. 1 vol. in-8, 152 p.

Travail étendu, dont des erreurs de méthode diminuent singulièrement la valeur.

BIERMANN.

ANDRÉ GIBERT. *La Porte de Bourgogne et d'Alsace (Trouée de Belfort)*. Étude géographique. 1 vol. in-8. 637 p. 75 fig. dans le texte. 45 photos en XVII pl. hors-texte. Paris. Colin. (1930).

Cette étude ne manquera pas d'éveiller le plus vif intérêt de ce côté-ci de la frontière. La Franche-Comté et l'Alsace sont nos voisins, des voisins avec qui, M. Gibert le montre, nous avons été en contact constant. Mulhouse a, de plus, fait partie de la Suisse, et le pays de Montbéliard, à la fois protestant et de langue française, a toujours été sympathique à nos cantons romands réformés. Neuchâtel a eu sans doute le plus de rapports avec la région considérée dont certaines industries lui doivent au moins l'idée. Enfin, on aurait pu s'attendre à ce que le pays de Porrentruy fût compris dans la Trouée de Bourgogne dont ne le sépare que la frontière, M. Gibert y fait de fréquentes allusions, mais c'est tout.

C'est la deuxième fois (v. D. Faucher, *Plaines et bassins du Rhône moyen*, *Bulletin* de 1928, p. 72-73) qu'au lieu d'une région naturelle, l'auteur d'une monographie géographique française choisit une région de passage ; et la conclusion en est la même ; il n'y a pas là d'unité. L'histoire géologique, qui a fait de la Porte de Bourgogne une ancienne vallée du Rhin, avant que ce fleuve tournât à Bâle, au Nord, ne suffit pas pour donner aux deux versants du col de Valdieu la moindre ressemblance. La Porte de Bourgogne a été moins qu'on ne s'y attend une région de passage ; elle a été beaucoup plus une région frontière. Cette porte a été tôt fermée ; d'un côté les Allemands, de l'autre les Français. Le Saint-Empire germanique donne l'investiture aux comtes de Montbéliard, mais ceux-ci défendent souvent la politique de leurs frères de langue. Quand la Franche-Comté et l'Alsace deviennent françaises, c'est alors contre le roi de France que luttent les comtes de Montbéliard et

BIBLIOGRAPHIE

HUGO HASSINGER. *Geographische Grundlagen der Geschichte*. (II. Band der Geschichte der führenden Völker. Herausgegeben v. H. Finke, H. Junker, G. Schnürer.) 1 Bd gr. 8° XIV. u. 332 S. Freiburg i. B. Herder. 1931.

Une histoire, nationale ou universelle, n'oserait plus aujourd'hui se publier sans une introduction géographique. Les historiens ont fini par se rendre compte que l'homme, si maître qu'il soit de sa destinée, ne vit pas dans l'abstraction, mais sur la Terre, dans un certain *milieu*, dont il est bien obligé de tenir compte pour son développement. J'ai dit précédemment (cf. *Bulletin* de 1922, p. 135-138) que j'estimais plus pressante que M. Febvre l'action de ce milieu sur l'homme, et d'autant plus que l'homme est plus civilisé. Je suis heureux, à cet égard, de me trouver en complète communion d'idées avec M. H. Hassinger, l'auteur de l'introduction géographique à la nouvelle collection historique publiée en Allemagne. « La victoire sur la nature, dit-il (p. 8), dont se targue souvent le civilisé, n'est qu'une illusion, car si l'homme surmonte grâce à sa technique des difficultés naturelles, c'est la nature qui dicte le problème et qui en limite les solutions. Plus l'homme investit de capital et de travail dans le sol, plus il s'y unit. Le lien du civilisé avec la nature n'est donc pas plus lâche que celui du primitif, il est moins perceptible, plus fin, plus développé, moins direct. »

Comment exposer ces *bases géographiques de l'histoire* ? On pourrait considérer comme suffisante une description générale des pays considérés. A ce titre-là, on n'aurait pas besoin d'un exposé spécial ; on pourrait se contenter de n'importe quel manuel de géographie. On pourrait aussi tenir compte, comme P. Vidal de la Blache dans son *Tableau de la géographie de la France*, exclusivement ou essentiellement des facteurs géographiques qui ont eu des répercussions sur l'histoire politique. On peut enfin établir comme une philosophie géographique de l'histoire, et, dans le cas particulier où il ne s'agit que des peuples chefs, étudier les causes du déplacement successif de la direction de l'histoire, de la région isthmique de l'Ancien Monde aux deux rives septentrionales de l'Atlantique.

M. H. Hassinger ne s'est pas prononcé entre ces différents procédés, il les a utilisés tous les trois alternativement. Dans la première partie, il montre que les exigences humaines au point de vue de l'atmosphère, de la

lumière, de la chaleur, du sol, des aliments végétaux et animaux, limitent non seulement l'œcoumène, mais encore la région de conditions maximum, la seule où les sociétés humaines puissent arriver à un développement tel qu'elles entrent dans l'histoire. Il y revient dans sa conclusion et précise que les civilisations sont nées dans les cadres limités des oasis du désert et de la mer, où les hommes, tout en trouvant plus ou moins aisément leur subsistance, sont serrés les uns contre les autres et obligés d'en arriver à une certaine organisation sociale. Toutefois, le désert et la mer, milieux hostiles à la vie humaine, ne le sont pas à la circulation et mettent en contact les diverses unités historiques. A cet égard, la mer s'est montrée plus favorable que le désert, comme le prouve le contraste entre l'Eurasie orientale, restée toujours cloisonnée en compartiments presque étanches, et nos pays occidentaux, dont la Méditerranée a constitué le premier lien. La région isthmique européenne (France, Europe centrale) s'est montrée plus agissante que celle de l'Asie antérieure, et la civilisation a passé rapidement de la Méditerranée à la zone forestière boréale, d'ailleurs coupée de nombreuses clairières. Au delà, elle s'est trouvée au bord de l'Atlantique, qu'elle a franchi. Enfin, par l'Est et par l'Ouest, la vague se propage jusqu'au Pacifique, où se jouera peut-être un jour la destinée du monde.

D'autre part, M. H. Hassinger consacre six chapitres aux principales régions historiques, d'abord les trois parties de l'Ancien Monde ; puis les berceaux des civilisations, Égypte, Mésopotamie, Arabie et Syrie, Asie occidentale, Inde, Extrême-Orient, ensuite les pays méditerranéens, les autres pays d'Europe, les pays d'outre-mer. Pour finir, il décrit les grands empires d'autrefois et d'aujourd'hui. Pour chacun, il s'applique à montrer quels sont, dans la suite des temps historiques, les faits géographiques qui ont joué un rôle, les possibilités qui ont été utilisées, les capacités qui ont été mises en valeur. Quoique l'auteur soit un géographe, il est donc loin d'appliquer un déterminisme, contre lequel les historiens se révoltent d'avance, bien à tort.

Dans son désir d'être complet, M. H. Hassinger joint à cette analyse d'un caractère très personnel les autres données caractéristiques de chaque pays. Comme la place est mesurée, elles prennent trop le tour fastidieux des anciennes nomenclatures. Elles me paraissent tout à fait superflues.

D'excellentes cartes, d'une facture originale, augmentent la valeur de ce remarquable ouvrage du géographe viennois. BIERMANN.

J. G. GRANÖ. *Maisematieteellinen Aluejako*. Referat : *Die landschaftskundliche Gebietseinteilung*. Turun Vliopiston Maantieteellisen Laitoksen Julkaisuja. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Aboensis, n° 4. 1 broch. in-8. 29 p., 17 fig. Helsinki 1930.

Reprend et développe à l'usage des étudiants le procédé de délimitation des régions naturelles exposé dans la « Reine Geographie » dont le *Bulletin* de 1930 a rendu compte (v. p. 138-139). Les figures se rapportent à la région au Nord de Tartu (Estonie). BIERMANN.

Mulhouse ; ils finissent par être étranglés par les barrières douanières que la grande nation resserre autour de leurs petits territoires.

Peut-être cette étude des vicissitudes politiques de la Porte est-elle menée trop longuement, il y a en somme là plus d'histoire que de géographie. Pour les relations commerciales, pour l'occupation rurale du sol, pour les industries, le développement historique est chaque fois étudié dès le début. S'il faut chercher quelquefois très loin en arrière les origines des faits actuels, origines qui seules expliquent les faits, il n'est pas nécessaire à une étude de géographie de relever toutes les réactions de l'homme de tous les temps vis-à-vis d'un paysage donné. Le sous-titre de l'ouvrage de M. Gibert devrait être : Étude de géographie historique.

M. Gibert aboutit presque toujours à des conclusions négatives. Il n'y a pas de point commun entre le Sundgau lœssique, le pied des Vosges permotriasique et les plateaux jurassiques de Franche-Comté ; les aspects du climat sont contradictoires ; il y a interruption des formes végétales, plus continentales à l'Est, plus méditerranéennes à l'Ouest, par une zone de caractère plus boréal. Il n'y a pour ainsi dire pas de transit à travers la Porte, mais seulement un trafic intérieur ou basé sur les besoins ou les possibilités de l'intérieur ; le canal du Rhône au Rhin est utilisé à ses deux extrémités, mais guère de bout en bout ; « les transformations contemporaines ont accentué les différences entre les régions agricoles de la contrée », entre le Sundgau qui reste une région agricole, les plateaux calcaires, où l'équilibre s'est le mieux maintenu entre prairies, labours et forêts, et la zone sous-vosgienne, pays de fourrages pauvres et de cultures pauvres. Non seulement la Porte de Bourgogne n'a pas d'unité, mais même le facteur passage n'a joué qu'un rôle secondaire. Au point de vue agricole, le pays s'est comporté comme une région reculée. La population rurale semble figée à travers les siècles ; points d'installation, division du sol, forme des villages, tout semble identique à ce qu'il a été pendant des siècles, à ce qu'il fut non seulement dès les premiers temps de l'histoire, mais déjà dans la préhistoire.

L'industrie, qui tient aujourd'hui la première place dans la région, fut longtemps celle de cantons montagnards pauvres, plus que d'un couloir de plaines. Aujourd'hui, si l'histoire l'explique, puisque deux des centres, Montbéliard et Mulhouse, ont dû leur industrie à leur séparatisme religieux, et le troisième, Belfort, à des conditions meilleures au point de vue politique, le développement industriel est bien le produit des facilités offertes à la circulation. Mais, en somme, il ne se distingue guère de celui d'autres régions de plaine qui n'étaient pas sur un passage.

C'est par son industrie que la Porte fait enfin son unité, puisqu'elle fait partie aujourd'hui, avec ses abords la Franche-Comté et le Haut-Rhin, d'une même région économique, la XX^e.

L'auteur aboutit à cette conclusion que la Porte de Bourgogne et d'Alsace est moins un passage cosmopolite, comme la Suisse, qu'un des « éléments liants » de la France moderne. « Elle contribue à lui unir ce Rhin dont physiquement elle porte encore tant de marques. »

Ai-je réussi à montrer tout l'intérêt de ce travail ? Il réside non pas seulement dans le sujet, mais encore dans l'ingéniosité de l'analyse,

dans la marche régulière et sûre du développement, dans la coordination des enquêtes, grâce à quoi se forme peu à peu un ensemble bien composé.

BIERMANN.

H. v. WEDDERKOPF. *Der Rhein von den Alpen bis zum Meere*. 67 Bilder eingeleitet von—erläutert von Emil Schaeffer. Bd 40 der Schaubücher herausgegeben von Dr Emil Schaeffer. Orell Füssli Verlag, Zürich et Leipzig, 1930. Prix : 3 fr.

Le Rhin, envisagé ici, est surtout le Rhin allemand et spécialement le parcours en aval de Bingen, partagé en trois tronçons : le vignoble, qui, d'après H. v. Wedderkop, donne son véritable sens au Rhin (on oublie peut-être que la vigne se cultive tout le long du Rhin, dès Maienfeld, par le Rheintal, à Eglisau, etc.), la percée romantique, où le fleuve est dominé par les ruines de châteaux, la plaine, domaine de l'industrie, dont Cologne est la porte. En amont et en aval de ce Rhin par excellence, le fleuve n'est pas le créateur du paysage, mais seulement l'un de ses éléments.

BIERMANN.

EMM. DE MARTONNE. *Europe centrale*. I. *Généralités. Allemagne* (tome IV de la Géographie universelle, publiée sous la direction de P. Vidal de la Blache et L. Gallois). 1 vol. in-8, de 379 p., 90 fig. dans le texte, 2 cartes en couleurs et 134 photos en 64 pl. hors-texte. Paris. Colin. 1930.

C'est une tâche des plus ardues qui est dévolue au savant professeur de l'Université de Paris, celle de parler de cette Europe centrale qui forme comme le corps de notre petit continent, d'où se détachent en presque îles ou isthmes l'Europe du Sud, celle de l'Ouest, celle du Nord, tandis que la Russie en figure comme une réplique agrandie. Il s'agit là d'un territoire immense, de plus d'un million et demi de kilomètres carrés. Il est découpé en de nombreux compartiments par un relief des plus varié, qui va des Alpes, les plus hautes montagnes de l'Europe, à ses massifs les plus bas, au bord de la grande plaine allemande. Ces divisions ont gêné le mélange des populations, comme il s'est fait dans l'Europe occidentale, par exemple ; et des nationalités tranchées, souvent dressées les unes contre les autres, s'y sont constituées. C'est en Europe centrale qu'a éclaté la Grande guerre de 1914-1918, pour se propager rapidement aux autres parties de l'Europe. Tâche difficile vraiment que de présenter aux lecteurs de France avec toute l'impartialité désirable cette Europe centrale qui a été son ennemie.

On ne pouvait souhaiter auteur mieux préparé à nous décrire et à nous expliquer le relief, le climat, les eaux, la végétation de l'Europe centrale que celui du *Traité de géographie physique*. D'autre part, seul, avec Brunhes, des élèves de Vidal de la Blache, il a étudié dans sa thèse de doctorat un pays non-français : la Valachie. En y allant, en en revenant, il a eu l'occasion de parcourir à peu près toute l'Europe centrale ; ses descriptions ont tiré de cette vision directe des choses un intérêt de plus.

La première partie du volume est consacrée à l'Europe centrale dans son ensemble ; dans la seconde, il commence, par l'Allemagne, l'étude des sept États qu'il y fait rentrer. Après avoir donné une idée des problèmes nationaux qui se posent aux Allemands, l'auteur passe immédiatement aux diverses régions. Il s'occupe d'abord des pays rhénans, dont il décrit les caractères physiques dans leurs rapports avec les formes et les aspects de la vie économique et politique. Il expose avec précision les bases de l'industrie rhéno-westphalienne et les modes de son organisation. Le bassin de Souabe et de Franconie, les Alpes et le plateau qui est à leur pied ; les vieux plissements hercyniens : confins du massif Bohémien, pays de Thuringe et de la Weser, le mènent à la grande plaine du Nord, si profondément marquée par l'action glaciaire. Des paysages, il passe aux villes, de l'agriculture et de l'industrie au commerce qui lui paraît être l'aspect le plus significatif de la vie économique de l'Allemagne actuelle.

Comme dans les autres volumes de la Géographie universelle, l'illustration est de premier ordre : des photographies aussi bien choisies que reproduites, de nombreuses cartes et plans de villes, des coupes géologiques, etc.

BIERMANN.

STANISLAW LENCEWICZ. *Pierwsza polska mapa warstwowa*. (Première carte hypsométrique polonaise). Extrait de *Przegląd Geograficzny*. Revue polonaise de géographie. Warszawa 1930. (Résumé français.)

C'est la carte de la Galicie occidentale dressée par Alth en 1860.

BIERMANN.

STANISLAW LENCEWICZ. *Les terrasses de la Vistule moyenne*. Extrait du deuxième rapport de la Commission des Terrasses Pliocènes et Pleistocènes. Florence. 1930. 1 broch. in-8. 8 p., 2 fig.

Les terrasses supérieures remontent au temps où la Vistule se déversait vers la mer du Nord, les inférieures dérivent des variations de niveau de la Baltique où la Vistule s'est jetée après la période glaciaire.

BIERMANN.

OLINTO MARINELLI. *I monti del Friuli nelle carte geografiche del secolo XVIII*. Nota postuma. Estratto dall'In alto, Cronaca della S. A. F. 1929, fasc. I-II. 1 broch. in-8, 15 p. Tolmezzo. 1929.

Complément d'études du même genre se rapportant aux XVII^e et XVIII^e siècles.

BIERMANN.

JOH. MAIDE. *Eesti minemi raisonid*. With english summary : *Marketing regions of Estonia*. Tartu ülikooli majandusgeograafia seminari üllitised. Publicationes seminari universitatis Tartuensis oeconomico-geographici. Nr. 2. 1 broch. in-8. 26 p. avec trois cartes. Tartu 1931.

Cherche à établir l'hinterland agricole des centres de consommation d'Estonie. Il se base sur le prix de transport des marchandises de chaque

ferme à la station de chemin de fer, et de celle-ci au marché habituel. Il a tracé une carte d'Estonie, divisée en 7 classes de prix, dont le territoire, déterminé en grande partie par le tracé des lignes de chemins de fer, s'allonge en bandes de plus en plus étroites. BIERMANN.

J. K. V. TUOMINEN. *Das Geschäftszentrum der Stadt Turku*. Turun Vliopiston Maantieteellisen Laitoksen Julkaisuja. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Aboensis n° 5. 1 broch. in-8, 23 pages, 31 cartons dans le texte, 2 cartes hors-texte. Helsinki 1930.

L'auteur a porté sur des plans de Turku (Åbo) la position des divers commerces, a déterminé ainsi quels étaient les commerces à direction centrifuge et ceux à direction centripète. L'ensemble de ces derniers constitue le centre des affaires de Turku, au voisinage de la place du marché. Cette partie centrale n'est pas une City au sens propre du mot, un quartier consacré aux affaires à l'exclusion des logements. A côté des vieilles maisons à 1 ou 2 étages dont le rez-de-chaussée seul est consacré au commerce, il y en a de nouvelles, plus hautes, en pierre, avec plusieurs étages d'appartements. La carte hors-texte n° 2 démontre que jusque tout près du centre prédominent les maisons à un seul étage, habituelles en Europe orientale. BIERMANN.

EUGÈNE PITTARD. *A travers l'Asie Mineure. Le visage nouveau de la Turquie*. 1 vol. in-8 de 312 p., 12 pl. de photos et 1 carte. Paris. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales. 1931. Prix : 32 fr. français.

Comme l'indique la première partie du titre, il s'agit seulement du territoire asiatique de la république turque. Ayant déjà abordé les Turcs dans ses nombreux voyages dans les Balkans, avant la guerre, l'auteur a eu la curiosité d'aller les visiter dans leur réduit anatolien, en même temps que d'assister aux premiers pas du nouvel État. Partie en auto, partie en chemin de fer, il a parcouru l'Asie Mineure en long et en large, s'avancant jusqu'à Diarbékir, près de la frontière de l'Irak. Il ne s'est pas intéressé seulement à l'anthropologie, qui est sa spécialité et dont on trouve quelques résultats dans son livre, et à la préhistoire, à laquelle il a apporté une contribution importante par sa découverte du paléolithique près d'Adi-Yaman, il s'est efforcé de se renseigner sur l'activité économique, sociale, politique des Turcs d'aujourd'hui. Il a été témoin des transformations considérables dont la Turquie est l'objet depuis une dizaine d'années, grâce à la volonté intelligente de Mustapha Kemal, dont il se montre un admirateur enthousiaste. Il a vu les Turcs, dans les moindres villages, s'appliquer à l'étude de l'alphabet latin et le Ghazi, lui-même, donner une leçon de lecture au peuple assemblé sur la place publique de Siwas. Il a recueilli dans les ministères des statistiques nombreuses sur les voies de communication, les productions, le commerce de la Turquie, statistiques qui sont toutes en ascension réjouissante. De tout cela, il a fait un livre que le public de langue française devra nécessairement consulter s'il veut renoncer aux préjugés si communs encore à l'égard de la Turquie. BIERMANN.

HEINZ VON PERCKAMMER. *Von China und Chinesen*. 65 Bilder, eingeleitet von—Schaubücher herausgegeben von Emil Schaeffer. Band 28. 16 S. Text. in-8. Relié 3 fr. Orell Füssli Verlag. Zürich und Leipzig.

Il est symptomatique des circonstances du jour que l'illustration prenne le pas sur le texte et se voie consacrer quatre fois autant de place, plus encore si l'on compte que cinq pages du texte ne contiennent que les légendes des figures. L'auteur est le même d'ailleurs pour les deux parties. Il tient que la vraie Chine est celle du Nord et c'est de là, et surtout des environs de Pékin, qu'il a rapporté les photographies de ce volume. Il s'agit de types chinois, mongols et mandchous, hommes et femmes, jeunes et vieux, dans leurs costumes de fête, de travail, ou même sans aucun vêtement et, en outre, de divers monuments, palais, temples, tombeaux, vus de l'extérieur ou dans les détails de l'intérieur. BIERMANN.

MEG GEHRTS SCHOMBURGK. *Negertypen des schwarzen Erdteils*. 65 Bilder eingeleitet von—Bd. 17 der Schaubücher, herausgegeben von Dr Emil Schaeffer. Orell Füssli Verlag, Zürich et Leipzig. 1930. Prix : 3 fr.

Les éditeurs Orell Füssli publient une série d'élégants albums d'autotypies, débutant par une petite introduction et la légende de chaque vue. Les photographies de ce volume-ci sont prises aux collections les plus diverses ; elles représentent des nègres de toute l'Afrique, mais spécialement de la région équatoriale, Congo belge, Afrique orientale britannique et ci-devant allemande. Types, costumes (quand il y en a), ornements, coutumes, tout est passé en revue sans aucune prétention scientifique, ni sens géographique, car on saute constamment du Soudan au Congo, du Nil à l'Afrique centrale. BIERMANN.

FRÉD. CHRISTOL. *Vingt-six ans au Sud de l'Afrique*. Avec 80 dessins de l'auteur. Paris, Société des Missions évangéliques. 1930. 1 vol. in-8, 118 pages.

Membre correspondant de la *Société neuchâteloise de Géographie* dès 1897, comme il aime lui-même à le rappeler, M. Fréd. Christol a été peut-être le premier à signaler et à faire connaître, grâce à son remarquable talent de dessinateur, les peintures rupestres des Bushmen, dont on a découvert depuis d'innombrables témoignages sur une immense partie de l'Afrique australe, ce qui fait que les Bushmen, qu'on croyait au niveau inférieur de l'espèce humaine, se révèlent comme les derniers représentants d'une civilisation préhistorique particulièrement développée et d'une race singulièrement apte à l'art graphique, dont les fouilles de Zimbabwe ont montré la valeur. BIERMANN.

V. ELLENBERGER. *Sur les Hauts-Plateaux du Lessouto*. Notes et souvenirs de voyage. Paris, Soc. des Missions évangéliques. 1930. 1 vol. in-8 de 234 p. avec 30 photos dans le texte et une carte à 1 : 650 000.

Les Hauts-Plateaux, qui couvrent les quatre cinquièmes du Lessouto, s'élèvent, en arrière de la plaine du Calédon, jusqu'au Mont-aux-Sources,

qui mesure près de 3400 m. Longtemps à peu près déserts, ils ont été occupés par les Bassoutos, lorsque leur nombre se fut accru, par suite de l'instauration d'un régime de paix, de 30000 à 500000. Là aussi ils ont succédé aux Bushmen qu'ils ont exterminés. Le pays a-t-il été autrefois boisé ? Aujourd'hui, les arbres y manquent entièrement, même le pacage exagéré des moutons prive peu à peu la montagne de toute végétation et la livre à une érosion intense. Les routes y manquent et le portage doit assurer à lui seul tout le trafic. La population, qui n'est pas exclusivement bassouto, pose impérieusement le problème de la colonisation. L'armature sociale primitive s'y effrite sans que la civilisation européenne soit en mesure de la remplacer. BIERMANN.

EUGÈNE CASALIS. *Mes souvenirs*. 6^e édition. (Jubilé centenaire de la Mission du Lessouto 1833-1933.) Société des Missions évangéliques. Paris 1930. 1 vol. in-8, de 358 p. avec 4 photos hors-texte et une carte. (Reprod. d'une carte de 1834).

Les missionnaires de la Société de Paris ne se sont pas contentés seulement d'évangéliser, ils se sont occupés aussi d'améliorer la situation de leurs protégés et ce faisant, ils ont transformé le pays, y apportant la culture du froment et d'autres denrées, l'élevage du cheval et d'autres bestiaux, des pratiques moins primitives soit en agriculture, soit en élevage, soit aussi dans la construction des maisons. Leur travail intéresse donc aussi les géographes. BIERMANN.

H. DIETERLEN. *Eugène Casalis (1812-1891)*. (Jubilé centenaire de la Mission du Lessouto 1833-1933.) Société des Missions évangéliques. Paris 1930. 1 vol. in-8 de 261 p. avec 16 pl. et 1 carte.

H. DIETERLEN. *Adolphe Mabilie (1836-1894)*. Nouvelle édition. (Jubilé centenaire de la Mission du Lessouto 1833-1933.) Société des Missions évangéliques, Paris 1930. 1 vol. in-8 de 320 p. avec 6 photos.

PAUL PRIVAT-DESCHANEL. *Océanie*. — MAURICE ZIMMERMANN. *Régions polaires australes* (Géographie universelle publiée sous la direction de P. Vidal de la Blache et L. Gallois, tome X). 1 vol. in-8 de 368 p., avec 1 carte hors-texte, 145 photos en 64 planches hors-texte et 72 cartes et fig. dans le texte. Paris, Colin 1930.

Ce volume n'est pas indigne des précédents. L'auteur de l'*Océanie*, M. Privat-Deschanel, s'applique à montrer les rapports entre la nature physique et le monde vivant. C'est ainsi que la sécheresse et l'irrégularité du climat expliquent l'aspect de la végétation australienne, dont la pauvreté et la monotonie sont un effet de l'insularité. Les mêmes caractères se retrouvent dans la faune, si originale avec ses mammifères monotrèmes et marsupiaux, véritables « fossiles vivants », qui se sont adaptés au milieu et différenciés comme les mammifères placentaires des autres continents. Les steppes désertiques sont le domaine des animaux coureurs et sauteurs, dont les plus connus sont les kangourous. De même qu'il décrit avec enthousiasme le *bush*, ou forêt claire, dont chaque arbre

a son individualité, de même, il raconte la vie des indigènes australiens, pour qui « se nourrir est un problème angoissant ».

Leur vie sociale est cependant si compliquée, surtout dans les tribus les plus sauvages, qu'on ne peut pas considérer les Australiens comme une population primitive, mais comme une société en décomposition.

Les Australiens d'origine blanche sont, eux aussi, largement influencés par le milieu où ils vivent. L'importance du socialisme est en rapport avec la grandeur des villes qui représentent 62 % de la population totale ; mais c'est aussi un fruit de l'immensité du pays, de ses faibles ressources, de l'instabilité climatique et économique. Ce que l'individu n'a pu risquer, c'est le gouvernement de la collectivité qui a dû le tenter, pour vaincre la répugnance des capitaux à venir dans cette terre lointaine, pour créer des chemins de fer, monter des entreprises. Le socialisme australien a créé ou tout au moins favorisé la moyenne et la petite propriété aux dépens de la grande. A son tour, cette évolution est un des facteurs de la diminution du bétail ovin en faveur du bovin et de la production laitière. L'autre, ce sont les grands travaux d'irrigation que le gouvernement a entrepris pour lutter contre la sécheresse, et qui ont profité plus aux cultures qu'à l'élevage. On voit reparaître ici un effet du climat, tandis que la position géographique explique à la fois la difficulté de l'immigration et la nature très lâche, plus sentimentale que juridique, des relations avec l'Angleterre.

Ce n'est guère qu'au XX^e siècle qu'on s'est intéressé au Continent antarctique, où les expéditions se sont succédé ou même ont travaillé simultanément. Les pages que M. Zimmermann consacre aux *Régions polaires australes* sont, à ma connaissance, la première synthèse des résultats obtenus par les Norvégiens, Suédois, Anglais, Allemands, Français, Américains, etc. L'auteur y tient compte, en effet, même des vols récents de Wilkins et de Byrd, qui ont, le premier surtout, apporté des contributions importantes à la connaissance du monde antarctique. Mais il n'y a pas que le contour et l'aspect des terres qu'il importe de préciser. Le régime climatique de l'Antarctide et des îles subantarctiques, le développement glaciaire, l'inlandsis et ses exutoires, les piedmont-glaciers, les barrières de glace, puis les conditions de vie sur ces terres désolées, tout cela est exposé par M. Zimmermann de la manière la plus intéressante.

BIERMANN.

RENÉ GOUZY. *Dans le Ciel des Pôles*. Explorations d'autrefois, d'aujourd'hui. Avec plus de 100 illustrations et une carte hors texte. Neuchâtel. Éditions de la Baconnière (1931). 1 vol. grand in-8^o de 206 p.

Soit par le dirigeable (*Norge, Italia*), soit par l'avion, avec Byrd et Wilkins, s'est ouverte une nouvelle ère dans l'exploration polaire, tant arctique qu'antarctique, celle des expéditions aériennes. C'est à elles qu'est consacré le nouveau livre de R. Gouzy. Il y a ajouté un exposé sommaire de la géographie des régions polaires, ainsi qu'un aperçu des principales expéditions terrestres ou maritimes qui avaient déjà eu comme but l'un ou l'autre pôle. L'information est cependant plus

anecdotique que scientifique. L'ouvrage a paru juste trop tôt pour que l'auteur puisse, dans un appendice, donner sur Andrée autre chose que la nouvelle de la découverte de ses restes.

L'illustration est, comme le texte, basée surtout sur la documentation des journaux ; une partie est empruntée au périodique *l'Illustration*.
BIERMANN.

P. SAINTYVES. *En marge de la Légende Dorée*. Songes, miracles et survivances. Essai sur la formation de quelques thèmes hagiographiques. Paris. Émile Nourry. 1931. 1 vol. grand in-8 de 596 p. et 15 figures.

La Légende Dorée est un tel ramassis de contes et de fables qu'un grand nombre d'écrivains catholiques, entre autres les Bollandistes, se sont occupés de les soumettre à un examen critique. M. P. Saintyves montre, pour un certain nombre de ces légendes et traditions, la manière dont elles se sont formées. Il les suit parfois depuis l'Orient jusque dans nos contrées, comme l'histoire du chien et du serpent que l'on trouve d'abord dans les anciens recueils de l'Inde, qui fait son apparition en France dans le Roman des Sept Sages de Rome, et qui accompagne la dévotion à Saint-Guignefort, telle qu'elle était pratiquée encore il y a un demi-siècle dans le département de l'Ain ; Saint-Guignefort a peut-être été un homme au début, mais un chien lui a été ensuite substitué dans le culte. Ou bien le prodige du pendu miraculeusement suspendu, que l'on suit tout le long de la route des pèlerinages de France (Cluny) à Compostelle, avec attribution de ce prodige à tous les saints vénérés en chemin, à saint Jacques et, pour finir, à la Vierge elle-même. Ou encore la tradition des saints céphalophores, c'est-à-dire qui, une fois décapités, recueillent, comme Saint Denis, leur tête et la portent, parlant et chantant les louanges de Dieu, jusqu'au lieu choisi pour leur sépulture. C'est souvent par imitation, ou par envie, que les hagiographes d'un saint local lui attribuent des mérites que les premières versions ne lui accordaient pas. C'est la même raison qui a provoqué la chasse aux reliques, dont on connaît des exemples jusqu'au XIX^e siècle.
BIERMANN.

GIOTTO DAINELLI. *Olinto Marinelli e la sua opera geografica*. Commemorazione tenuta il 14 dicembre 1926 nella sale della Loggia Comunale di Udine. Pubblicata a cura del Comune di Udine nel primo anniversario della morte. 1 broch. in-4 avec un portrait. Udine. 1927.

Cette biographie du savant professeur de Florence, mort prématurément en 1926 à l'âge de cinquante-deux ans, est suivie d'une bibliographie de 475 numéros, tous travaux originaux.
BIERMANN.

EUGÈNE HOTZ. *Paul Ramseyer, missionnaire 1870-1929*. Société des Missions évangéliques de Paris 1930. 1 vol. in-8 de 281 p.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
MONOGRAPHIE DE LA VALLÉE DU DOUBS ENTRE LES BRENETS ET BIAUFOND.	
Étude de Géographie physique, par Ernest Bell, avec 2 planches hors-texte et 26 fig. dans le texte	5
Introduction	5
Chapitre premier	24
Chapitre II	40
Chapitre III	73
Chapitre IV	112
VOLCANS DE BOUE ET SOURCES DE PÉTROLE DE L'ÉTAT DE MONAGAS (Vénézuéla oriental), par Bernard Wasserfallen, avec 18 phot.	134
SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE DE GÉOGRAPHIE. Rapport de gestion pour l'exercice 1930	145
MUSÉE D'ETHNOGRAPHIE DE LA VILLE DE NEUCHÂTEL. Rapport sur l'exercice 1930, par Th. Delachaux	147
NÉCROLOGIE. Jean Brunhes.	150
BIBLIOGRAPHIE (par Charles Biermann) :	
Hugo Hassinger : Geographische Grundlagen der Geschichte	151
J. G. Granö : Maisematieteellinen Aluejako. (Die landschaftliche Gebietseinteilung)	152
Edg. Kant : Linnaliste elätisstandardite astendus. (Gradation des subsistancetypes urbains).	153
Daniel Rosa : L'ologénèse.	153
Luis Thayer Ojeda : La Etiopia mitologica	154
Frédéric Montandon : Étude de toponymie alpine	154
André Gibert : La Porte de Bourgogne et d'Alsace (Trouée de Belfort)	154
H. v. Wedderkopf : Der Rhein von den Alpen bis zum Meere	156
Emm. de Martonne : Europe centrale I	156
Stanislaw Lencewicz : Pierwsza polska napa warstwowa	157
Stanislaw Lencewicz : Les terrasses de la Vistule moyenne.	157
Olinto Marinelli : I Monti del Friuli.	157
Joh. Maide : Eesti minemi raisionid. (Marketing regions of Estonia)	157
J. K. V. Tuominen : Das Geschäftszentrum der Stadt Turku	158
Eugène Pittard : Le visage nouveau de la Turquie	158
Heinz von Perckammer : Von China und Chinesen	159
Meg Gehrts Schomburgk : Negertypen des schwarzen Erdteils.	159
Fréd. Christol : Vingt-six ans au Sud de l'Afrique	159
V. Ellenberger : Sur les Hauts-Plateaux du Lessouto	159
Eugène Casalis : Mes souvenirs	160
H. Dieterlen : Eugène Casalis.	160
H. Dieterlen : Adolphe Mabille	160
Paul Privat-Deschanel : Océanie. — Maurice Zimmermann : Régions polaires australes.	160
René Gouzy : Dans le Ciel des Pôles	161
P. Saintyves : En marge de la Légende Dorée	162
Giotto Dainelli : Olinto Marinelli e la sua opera geografica.	162
Eugène Hotz : Paul Ramseyer	162

CONGRÈS INTERNATIONAL DE GÉOGRAPHIE

Il se tiendra à Paris du 16 au 24 septembre 1931. Il sera précédé et suivi d'excursions de caractère scientifique, dans diverses parties de la France et jusqu'en Algérie. L'inscription est ouverte à tous les membres des Sociétés de Géographie ; elle est à envoyer au Secrétariat du Congrès, 191, rue Saint-Jacques, Paris, avec la somme de 125 fr. français.

ATELIERS DE PHOTOGRAVURE
Maurice Reymond

fondés en 1890

LAUSANNE

11, Chemin Vinet

Spécialistes en cartographie
noir et couleurs.

Tous clichés pour l'illustration

LIVRAISON TRÈS PROMPTE

" Connaitre son pays pour l'aimer "

La Terre Helvétique

Ses Mœurs, ses Coutumes, ses Habitations

par le texte et par l'image

Premier ouvrage d'ensemble sur le folklore suisse publié sous la direction du D^r H. BROCKMANN-JEROSCH avec la collaboration d'éminents spécialistes et folkloristes régionaux.

Deux forts volumes in-4° illustrés, texte imprimé sur deux colonnes avec notes marginales, plus de 600 planches et figures en héliogravure hors-texte, dessins et vignettes, de M. P. Gauchat, dans le texte.

Version française de PAUL BUDRY

VOLUME I. Suisse romande — Cantons primitifs — Berne, Bâle et la Suisse Moyenne — Les Fêtes Nationales.

VOLUME II. Suisse italienne — Grisons — Saint-Gall — Appenzell — Glaris — Thurgovie — Schaffhouse — Zurich.

LES DEUX VOLUMES RELIÉS

par mensualités Au comptant
Fr. 66.— 60.—

AUX ÉDITIONS

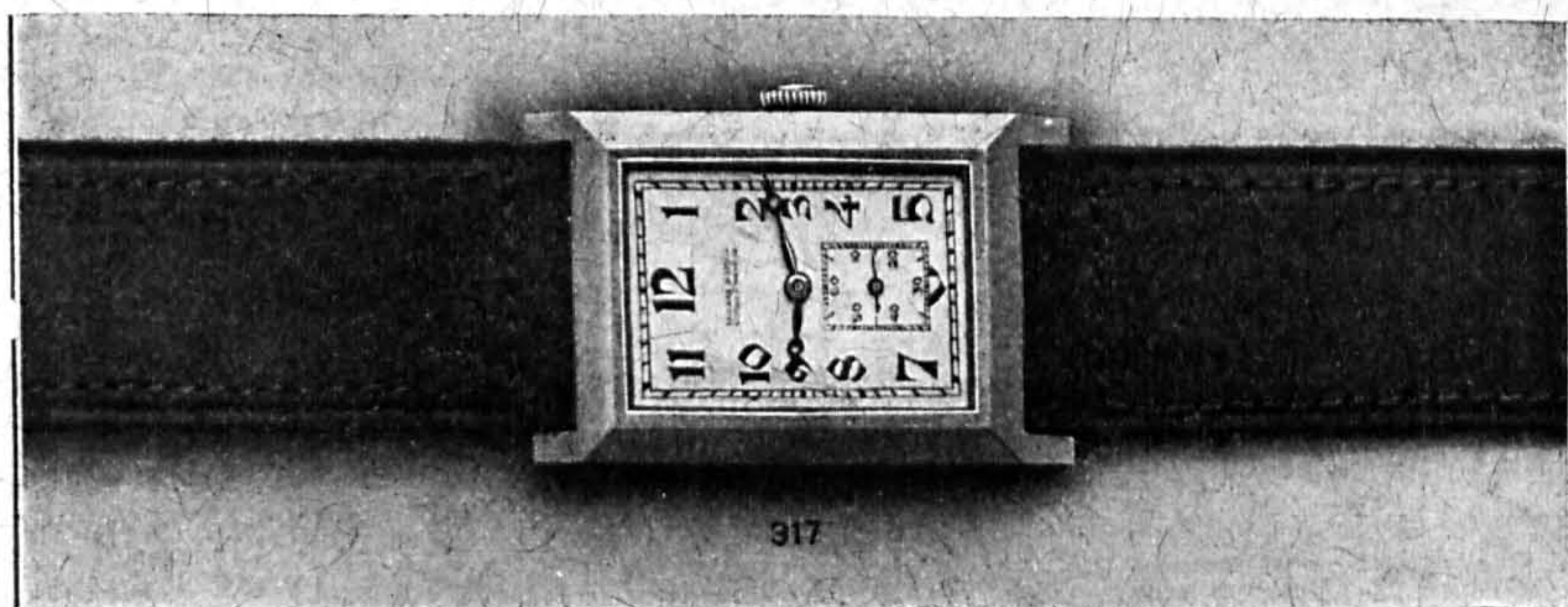
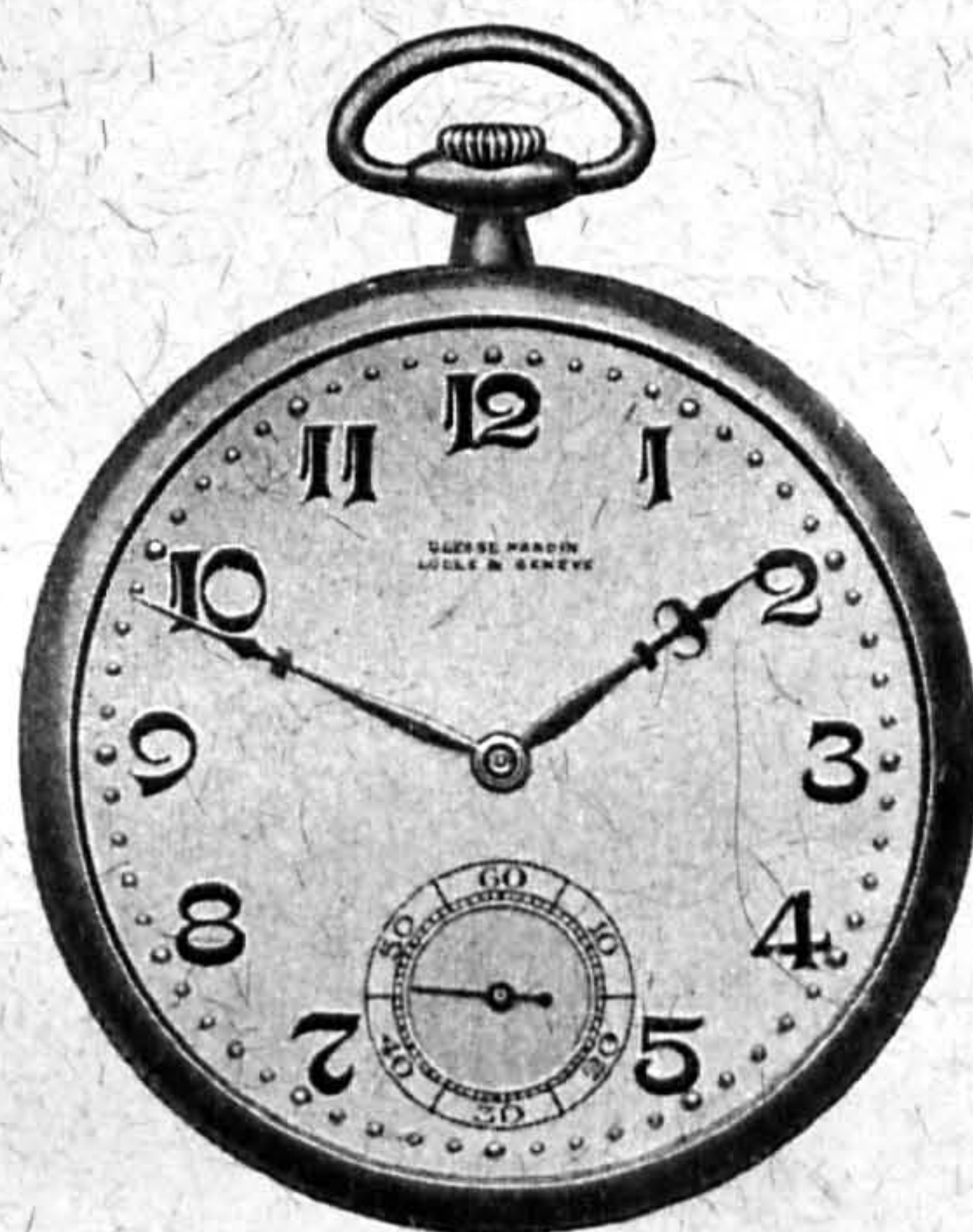
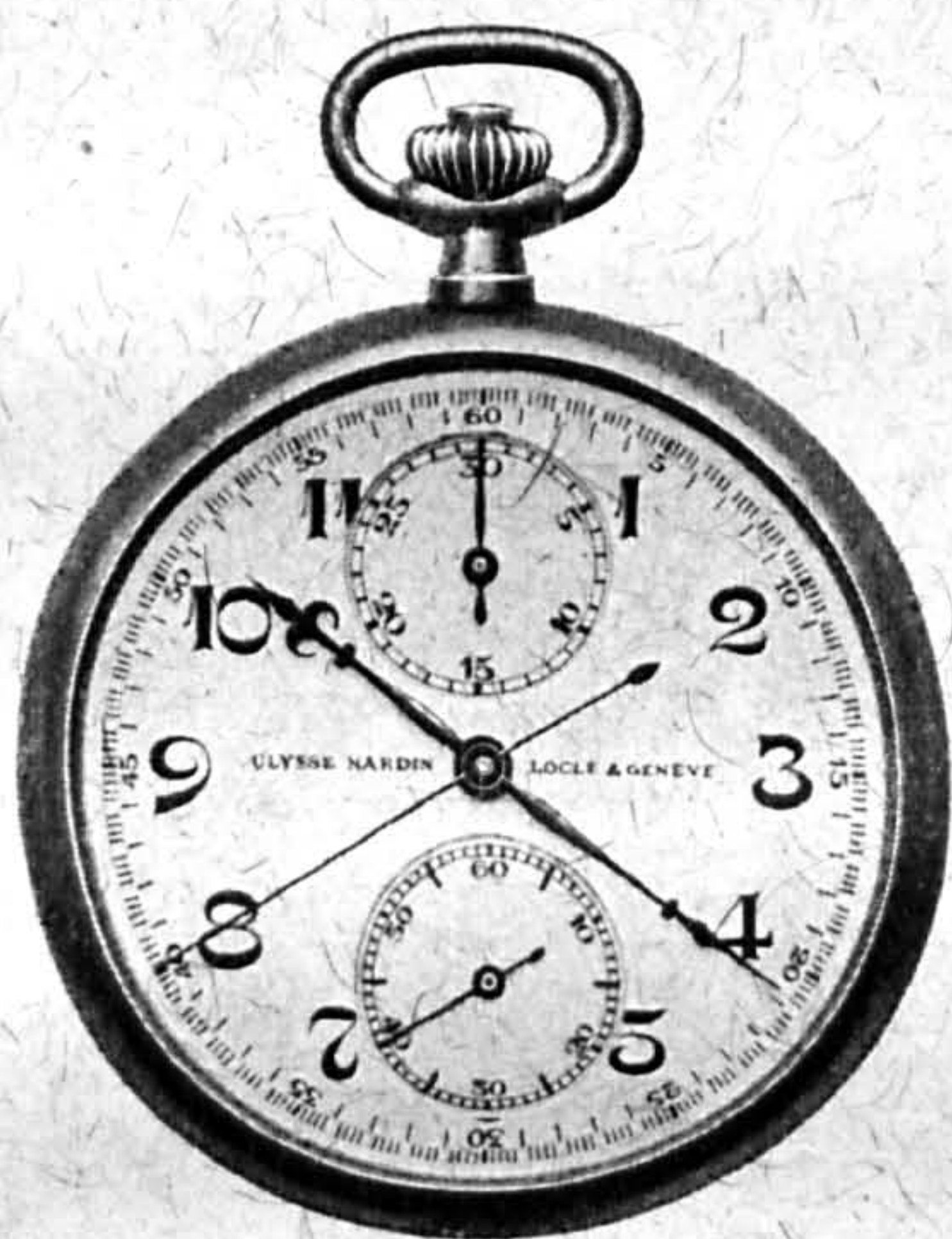


ET CHEZ TOUS LES LIBRAIRES

ULYSSE NARDIN

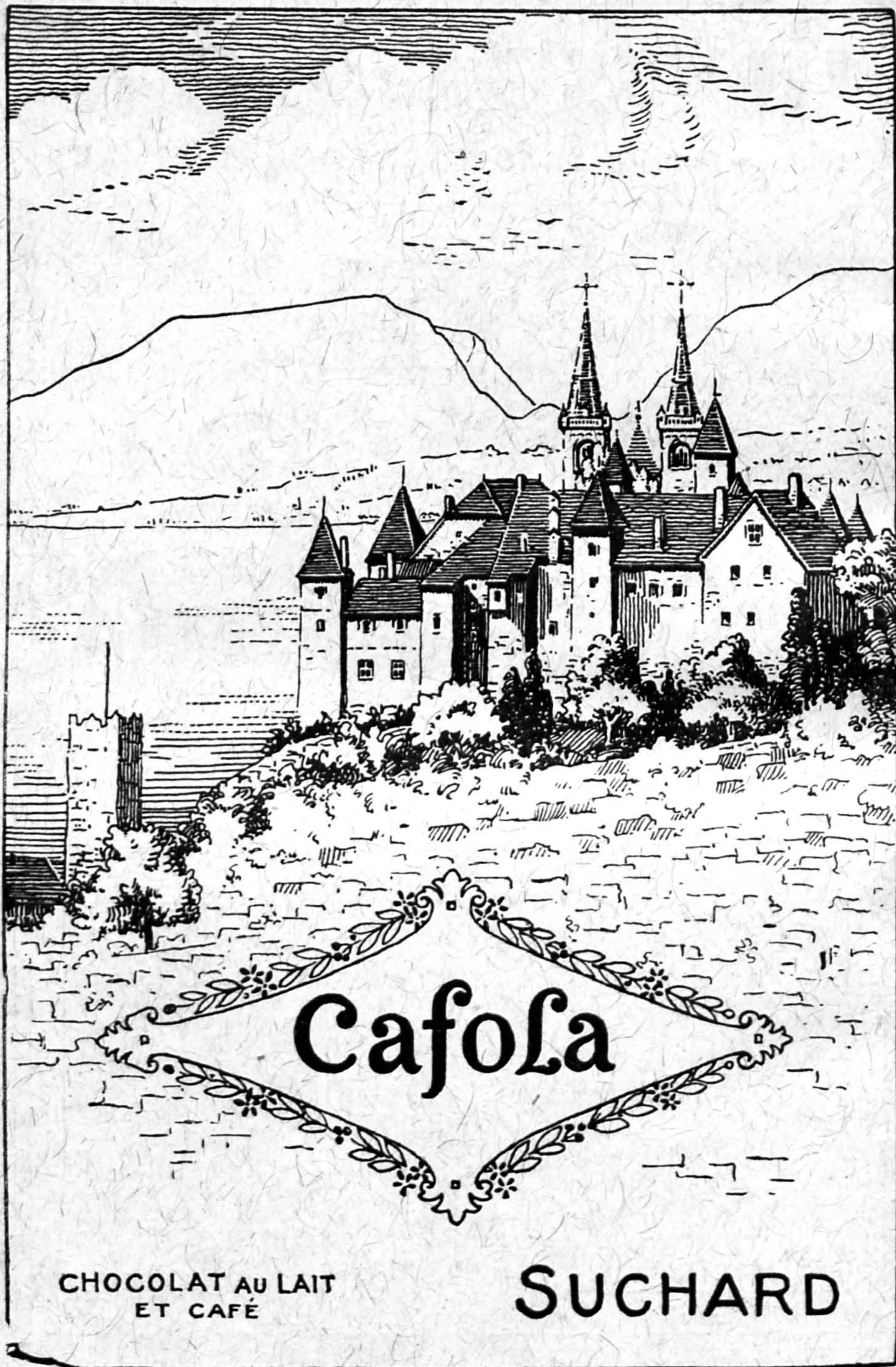
Maison fondée en 1846 - LE LOCLE ET GENÈVE

Manufacture
de montres et chronomètres



7 Grands Prix

1374
Prix aux Observatoires



Cafola

CHOCOLAT AU LAIT
ET CAFÉ

SUCHARD

