

Beiträge
zur Geologischen Karte der Schweiz
herausgegeben von der
Geologischen Kommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
auf Kosten der Eidgenossenschaft

Matériaux
pour la Carte Géologique de la Suisse
publiés par la
Commission Géologique
de la Société Helvétique des Sciences Naturelles
aux frais de la Confédération

Materiali per la Carta Geologica della Svizzera

pubblicati dalla
Commissione Geologica della Società Elvetica di Scienze Naturali
a spese della Confederazione

Nouvelle série, 78^e livraison

108^e livraison de la série complète

Monographie géologique **de la Vallée de Joux**

(Jura vaudois)

Avec 32 figures dans le texte et 1 planche

Par

D. Aubert

BERNE

En commission chez A. Francke S.A.

1943

Imprimé par Stämpfli & Cie.

III^e partie.

Hydrographie et Morphologie.

Chapitre 10.

Hydrographie.

Avant d'attirer l'attention des naturalistes, les particularités hydrologiques de la vallée de Joux ont tenu une grande place dans les préoccupations des habitants du pays, qui savaient pour l'avoir expérimenté à plusieurs reprises, que leur seule garantie contre les dangers d'inondation résidait dans la capacité d'absorption des entonnoirs. L'histoire locale est pleine des procès intentés aux usiniers de Bon Port sur la rive NW du lac Brenet, que l'on accusait d'avoir partiellement obstrué l'entonnoir dont ils utilisaient la force hydraulique.

La découverte scientifique de la vallée de Joux a été faite par H. B. DE SAUSSURE qui signala dans son Voyage autour des Alpes (1) les curiosités de la contrée, la disparition de ses eaux en profondeur et la probabilité de leur résurgence à la source de l'Orbe. Après lui, des amateurs, puis des savants, tentèrent des expériences de coloration; les premières réussites, celles de PICCARD et de FOREL et GOLLEZ, eurent un retentissement considérable et la vallée de Joux passa au rang de célébrité hydrographique (voir le détail de ces recherches à la page 124).

Aujourd'hui tout cela est changé. Les entonnoirs sont endigués; l'eau des lacs s'écoule par une galerie artificielle et alimente l'usine hydroélectrique de la Dernier, 2 km WSW de Vallorbe. Seule la source de l'Orbe a conservé son cachet et sa beauté.

Avec son prolongement français, la vallée de Joux est tributaire du bassin du Rhin, mais elle est limitée de trois côtés par des dépendances rhodaniennes: bassins du Doubs au N, de l'Ain à l'W et du Léman au S. Théoriquement, la ligne de partage des eaux suit le faite du Risoux et du Mont Tendre et traverse le plateau des Rousses. En réalité, on ignore comment se fait l'écoulement en profondeur.

La vallée de Joux est un bassin fermé ou si l'on veut un poljé, c'est-à-dire un territoire en forme de cuvette, sans écoulement superficiel, mais en relation avec un réseau hydrographique souterrain. L'énorme quantité d'eau qu'elle reçoit annuellement sous forme de pluie ou de neige¹⁾ disparaît tout entière par voie souterraine, mais d'une manière plus ou moins rapide, selon les cas. Lorsque le calcaire affleure, l'eau s'infiltre immédiatement dans les fissures de la roche; ailleurs, elle ruisselle en surface, puis séjourne dans une nappe superficielle, marais, tourbière, lac; mais tôt ou tard, elle finit par aboutir à une perte où elle s'engouffre.

I. Les eaux superficielles.

La vallée de Joux comprend un bassin principal, celui de l'Orbe et des lacs, et un grand nombre de petits bassins secondaires dont quelques-uns possèdent aussi un réseau superficiel.

a) **Les cours d'eau.** L'Orbe prend naissance dans le lac des Rousses, lac tourbeux, situé en France à 7 km de la frontière. Pour atteindre le lac de Joux, elle parcourt la vallée sur une longueur de 18 km, en décrivant une multitude de méandres, sur fond de tourbe, d'alluvions ou de moraine (fig. 30).

¹⁾ La pluviosité est considérable; de 1897 à 1930 la précipitation annuelle a été en moyenne de 1501 mm, et en 1930 elle a atteint 1990 mm. Ces chiffres sont tirés du travail de SAM. AUBERT: Considérations sur le climat de la vallée de Joux (64).

Son débit est en moyenne de 3 m³ à la seconde, mais il varie très rapidement et dans de très grandes limites, en fonction directe du régime des pluies. En général, c'est à la fonte des neiges, au mois d'avril, que se produit la crue maximum; mais toute période pluvieuse a un effet immédiat sur le niveau de la rivière.

Signalons en passant, que l'Orbe est une des dernières rivières de thalweg de notre pays, dont le cours soit encore naturel, en ce sens qu'elle n'a subi aucun travail de rectification ou d'endiguement. De ce fait, on peut y observer admirablement la libre évolution des méandres.

A l'embouchure de l'Orbe, son courant se fait sentir, dans le lac, sur une distance de près d'un kilomètre et y détermine une sorte de chenal profond — le fil de l'Orbe — bien connu des pêcheurs et des patineurs, pour la raison que les filets s'y maintiennent difficilement et que la glace y est moins épaisse qu'ailleurs.

Rive gauche, l'Orbe ne reçoit aucun affluent de quelque importance; rive droite, en revanche, elle bénéficie de l'apport de plusieurs gros ruisseaux dont le Biblanc et le Brassus, auxquels il faut ajouter ceux qui aboutissent directement au lac, et parmi eux la Lyonne.

Le Biblanc, dont le cours inférieur seul figure sur la carte, prend sa source dans le synclinal crétacé des Grands Plats; il franchit un petit anticlinal de Malm par une élégante cascade et finalement forme dans le thalweg, un beau cône de déjection surbaissé, dont on voit une partie à la limite sud de la carte. Son débit, jamais très grand, tombe à rien en été.

Le Brassus n'a guère plus d'un kilomètre de long, mais c'est un ruisseau plus important et plus régulier que le précédent; sa source se trouve quelques centaines de mètres au S du village auquel il a donné son nom.

La Lyonne enfin a un cours encore plus réduit, son embouchure n'étant pas à plus de 500 m de sa source; issue d'une source vaclusienne, la petite rivière débouche dans la vallée par une gorge étroite taillée dans l'Urgonien, puis se jette dans le lac en formant le joli delta sur lequel est bâti le village de l'Abbaye.

b) Les lacs. Dans le chapitre 6, nous avons vu que, grâce à l'amélioration des communications souterraines, le niveau du lac de 1060 m s'abaissa et finit par se stabiliser à l'altitude moyenne de 1008 m. L'eau fut alors cantonnée dans les deux cuvettes les plus profondes de la vallée; l'une, située dans le vallon principal, a donné naissance au lac de Joux et l'autre dans le vallon du Solliat a formé le lac Brenet.

Les lacs ont une superficie totale de 9,63 km²; le plus grand, celui de Joux, atteint la profondeur maximum de 34 m. La communication entre les deux est assurée par un canal artificiel creusé dans la craie lacustre et les alluvions, à l'endroit où disparaît l'anticlinal de la Côte. L'ancien chenal naturel a été comblé lors de la construction de la gare du Pont; LUCIEN REYMOND (12) assure que le fond en était rocheux.

Les lacs de Joux et Brenet sont alimentés par l'Orbe, la Lyonne et quelques ruisseaux; selon FOREL et GOLLIEZ¹⁾ cet apport superficiel atteindrait en moyenne 4,86 m³ à la seconde, auquel il faudrait ajouter 0,5 m³ provenant de sources sous-lacustres. Effectivement, on connaît de petites sources de ce genre près de la rive, entre l'Abbaye et le Pont (51), et l'on peut parfaitement admettre une alimentation profonde provenant de la nappe phréatique des rives morainiques ou alluviales.

Sur la foi d'anciens documents, les chroniqueurs²⁾ du pays prétendent que le lac Brenet ne fut qu'un marais jusqu'au XVI^e siècle et qu'à cette époque, l'obstruction partielle de l'entonnoir de Bon Port provoqua le remplissage du lac. Aucun indice ne vient à l'appui de cette hypothèse; nulle part on ne voit la moindre trace d'une élévation du lac qui eût été sensiblement égale à la profondeur du lac

¹⁾ Rapport manuscrit de FOREL et GOLLIEZ sur les conditions géologiques et limnimétriques de la vallée de Joux et de la source de l'Orbe, mis obligeamment à notre disposition par la Cie. Vse. des Forces motrices de Joux et de l'Orbe (v. aussi liste bibl. 36).

²⁾ J. D. NICOLE (Recueil historique 1840, p. 329); L. REYMOND (1864, p. 10); AUG. PIGUET, «Feuille d'Avis de la Vallée», du 1^{er} mars 1934.

Brenet, soit une quinzaine de mètres. En outre, le fait que les orifices rocheux des entonnoirs se trouvent tous au niveau actuel, témoigne de la stabilité des deux lacs.

Aucun des deux lacs n'a d'émissaire superficiel. Avant la construction d'un canal de décharge, leur écoulement se faisait entièrement par les entonnoirs de la rive occidentale et par des pertes sous-lacustres invisibles.



Fig. 30. La vallée de Joux.

Le thalweg près de l'embouchure de l'Orbe.

Au premier plan, les méandres de l'Orbe dans la craie lacustre.

Au delà, quelques éminences glaciaires.

Au fond, à gauche, la Côte et le Mont d'Or; au centre, la Dent de Vaulion; à droite, les hameaux des Bioux et le versant du Mont Tendre.

Photo Jaques Golay, Le Sentier.

e) Les bassins secondaires. A côté du bassin de l'Orbe et des lacs, la vallée de Joux possède un grand nombre de petits bassins secondaires indépendants. La plupart sont exclusivement karstiques; quelques-uns seulement, situés dans les synclinaux crétacés, ont un réseau hydrographique superficiel rudimentaire, représenté par quelques ruisselets, une tourbière ou un marais qui forment bassin d'accumulation, et des entonnoirs qui assurent l'évacuation de l'eau. Le plus important est celui du Séchey dont l'eau aboutit au lac Ter, avant de disparaître dans les entonnoirs de la rive sud-est. Contrairement aux autres lacs, le lac Ter est une cuvette tourbeuse, peuplée d'une végétation abondante dont les débris s'amassent au fond année après année (v. 41, p. 445). En somme, c'est avec le lac des Rousses, le dernier survivant des nombreux étangs postglaciaires qui ont été comblés par la tourbe et les alluvions.

II. La disparition des eaux.

En terrain calcaire, la disparition de l'eau dans les fissures de la roche est immédiate; quand elle est retardée par des marnes, des matériaux glaciaires, etc., elle se produit alors par des entonnoirs.

On appelle ainsi des excavations par lesquelles les eaux superficielles s'écoulent en profondeur. Nous n'ignorons pas que ce terme est fréquemment employé pour désigner des petites dolines circulaires et qu'il conviendrait de le remplacer par celui d'emposieux; si nous persistons à l'utiliser, c'est que les naturalistes qui ont étudié l'hydrographie de ce pays s'en sont servi de préférence à l'autre.

Les entonnoirs les plus remarquables sont ceux des lacs (fig. 31). Le long de la rive escarpée du lac de Joux, on en trouve une dizaine dont les principaux sont marqués sur la carte: entonnoirs du Moulin, du Rocheray, de Pré Lionnet, de la Roche Fendue. Mais c'est le lac Brenet qui possède les plus importants: entonnoirs Neuf, Martinet, de Bon Port, Cave à la Metsire, tous situés au pied des escarpements portlandiens de la rive occidentale, auxquels il faut ajouter ceux des Crettets, près de la halte des Charbonnières, dont un seul est visible en temps normal, les autres se trouvant dans son alignement au fond du lac.

Les entonnoirs sont creusés dans les bancs verticaux ou très fortement inclinés, du Jurassique supérieur, sauf les entonnoirs Neuf et Martinet qui sont dans le Valanginien inférieur, et Bon Port qui se trouve à la limite du Purbeckien et du Portlandien. Quant à ceux des Crettets qui ne montrent pas d'affleurements rocheux, ils sont situés dans le prolongement du Purbeckien vertical. Tous ont l'aspect de puits rocheux verticaux, plus ou moins larges, interrompus à faible profondeur par des éboulis ou des étranglements qui rendent impossible toute exploration. Lors des travaux effectués en 1891—1893 à Bon Port dans le but d'augmenter la capacité d'écoulement, FOREL et GOLLIEZ (op. cit. p. 273, note 1) relevèrent l'existence de deux galeries, l'une de 20 m dirigée vers la montagne, l'autre horizontale de 8 m de long, aboutissant à une cheminée de 12 m.

On sait déjà que les entonnoirs ont été endigués lors de la construction de la galerie d'amenée des eaux de la Compagnie des forces motrices de Joux et de l'Orbe, et qu'ils ne fonctionnent plus en temps normal, du moins pas visiblement, car il est évident que des fuites importantes se produisent encore au-dessous du niveau de l'eau.

En période exceptionnellement humide, par exemple lorsque de grandes pluies coïncident avec la fonte de la neige, les entonnoirs du lac de Joux, à l'exclusion des autres, présentent un phénomène curieux, bien caractéristique des poljés; ils refluent, c'est-à-dire qu'au lieu d'engloutir l'eau du lac, ils rejettent celle qui ne peut trouver place dans les conduites souterraines.

Dans le synclinal du Solliat se trouvent aussi un grand nombre d'entonnoirs qui assurent l'écoulement de l'eau du lac Ter et des autres bassins fermés. La plupart sont disséminés le long de la faille qui sépare le synclinal de l'anticlinal de la Côte ou en bordure des affleurements de Crétacé. Le plus souvent ils ressemblent à des dolines percées où viennent se perdre les ruisseaux de drainage des tourbières. Beaucoup sont séniles.

On connaît encore quelques entonnoirs dans les combes du Pré de Bière (4 km SE du Brassus, hors de la carte) et du Pré de Mollens (2 km SE du Mont Tendre), mais hors de là, il n'en existe aucun à la surface des grandes chaînes du Mont Tendre et du Risoux.

III. Les sources.

Malgré l'humidité de son climat, la vallée de Joux possède peu de sources et, mises à part les régions marécageuses et les tourbières, son sol est généralement sec. C'est la conséquence de la rareté des niveaux imperméables, de l'épaisseur et de l'état de fissuration des calcaires. Ainsi, la plus grande partie de l'eau est entraînée rapidement à des profondeurs si considérables, qu'au lieu de ressortir dans la haute vallée, elle prolonge son voyage souterrain et alimente les grandes sources vauclusiennes extérieures: sources du Toleure, de l'Aubonne, de la Malagne, de la Venoge, du Nozon, de l'Orbe et du Doubs (fig. 31).

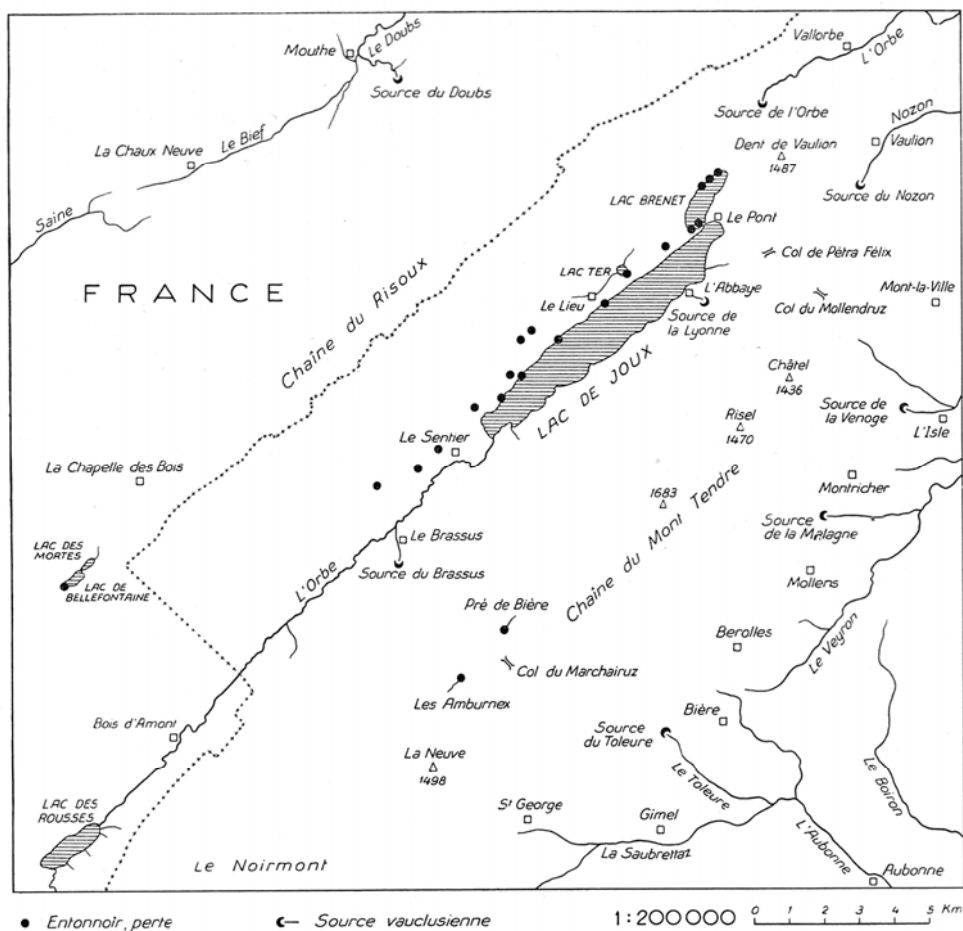


Fig. 31. Carte hydrographique de la vallée de Joux et de ses abords.

Dans toute l'épaisse série du Jurassique moyen et supérieur, il n'existe pour ainsi dire pas de niveaux susceptibles de déterminer des nappes intéressantes. Toutefois, il faut faire une exception pour la marne à *Rhynchonella varians* du Callovien; malheureusement, elle n'est visible nulle part à la vallée de Joux; son affleurement des Epoisats donne quelques sources. Malgré son aspect marneux, l'Argovien ne présente pas une grande étanchéité et il se montre incapable de retenir de grandes quantités d'eau. En tout cas, son apparition à la surface ne produit que des sources peu importantes alimentant de petites fontaines ou des puits.

Les niveaux marneux du Séquanien, les marnes du Banné et le Purbeckien qui sont intercalés dans les calcaires du Malm, ne sont ni assez épais, ni assez imperméables pour créer des nappes continues. En surface, leurs affleurements forment de petites combes fraîches dans lesquelles se rencontrent de très petites sources et des puits.

Dans le Crétacé, l'Hauterivien inférieur est plus intéressant; lorsqu'il est recouvert de glaciaire, par exemple, il donne lieu à des sources relativement importantes qui fournissent, avec les résurgences, la plus grande partie de l'eau potable. Les sources d'affleurement de ce genre sont fréquentes sur le versant crétacé de la chaîne du Mont Tendre (Mollards sur Chez Villard, Bioux Dessus) et dans le vallon du Solliat où l'Hauterivien inférieur est certainement pour une bonne part, dans l'existence de la nappe phréatique des tourbières et des prés humides.

Les argiles du Gault constitueraient un excellent niveau aquifère, si elles étaient plus répandues. Au Campe (1500 m NE du Brassus), on connaît quelques captages qui leur doivent leur origine. Au

Carroz (rive droite de l'Orbe, hors de la carte), une grosse source jaillit des éboulis et du glaciaire, au pied d'une paroi d'Urgonien; on peut être certain qu'elle est en relation avec la présence du Gault que FALCONNIER a reconnue à quelque distance de là¹⁾.

Les terrains morainiques enfin ont une très grande influence sur le régime des eaux. Les argiles glaciaires qui revêtent le thalweg retiennent les eaux des lacs et celles de la nappe phréatique; celle-ci apparaît en surface dans une multitude de petits bassins humides et dans les tourbières. Les placages morainiques des versants et les restes des anciens vallums, retardent la disparition de l'eau dans le calcaire et en conservent parfois d'assez grandes quantités pour alimenter des sources ou des puits, surtout lorsqu'ils reposent sur des terrains imperméables comme l'Hauterivien inférieur ou l'argile glaciaire.

Il existe une relation très étroite entre la répartition des dépôts glaciaires et la surface occupée par des prairies ou des pâturages; sur la carte géologique, on peut constater que la limite des premiers coïncide presque partout avec celle des zones défrichées. Effectivement, les graviers et les boues abandonnés par le glacier sont, avec quelques niveaux marneux et les dépôts alluviaux, les seuls terrains qui retiennent l'eau assez longtemps pour se prêter à la formation d'un sol arable. En leur absence, la vallée de Joux serait quasi impropre à toute culture.

Avant de parler des sources vauclusiennes, il faut encore citer la petite source sulfureuse de la Burtignière, qui se trouve au bord de la route du Brassus au Bois d'Amont, environ un km au S de la carte. Captée par les soins de la commune de Morges, qui en est propriétaire, elle sort de la tourbière située au SE de la route. Les dernières fois que nous l'avons visitée, elle était complètement tarie; c'est ce qui nous a empêché d'en faire l'étude et éventuellement une analyse, car nous ne savons pas qu'elle ait jamais fait l'objet de recherches quelconques.

IV. Les sources vauclusiennes.

Les sources de ce genre occupent, cela va sans dire, une place beaucoup plus importante que les sources d'affleurement. La vallée de Joux en possède deux, celle du Brassus et celle de la Lyonne, auxquelles il faut ajouter la magnifique résurgence de l'Orbe, qui appartient encore au système hydrographique de la vallée, bien que située en dehors de son territoire.

a) La source du Brassus (350 m au SSE du village de ce nom).

Actuellement, la source du Brassus est dissimulée par les travaux de captage, mais aux dires de ceux qui l'ont vue dans son état primitif, la roche en place n'y affleure pas et l'eau jaillit parmi des blocs d'origine glaciaire. Mais ces matériaux morainiques ne doivent pas être très épais si l'on en juge par la position des affleurements voisins de Valanginien. Il semble aussi que l'Hauterivien inférieur que l'on trouve au bord de la grande route, 300 m au SW, joue un rôle déterminant vis-à-vis de la source.

De toute façon, nous n'avons pas affaire à une résurgence typique, mais plutôt à une source de caractère mixte. Du reste le problème de son alimentation est loin d'être résolu. Les expériences de coloration tentées par F. FOREL et S. AUBERT (37) dans le petit entonnoir du Pré de Bière (hors de la carte) n'ont donné aucun résultat positif. En revanche, un habitant du Brassus, M. ALFRED FIGUET²⁾, aujourd'hui décédé, a fait autrefois quelques observations judicieuses dont le résumé manuscrit est parvenu à notre connaissance: A deux reprises, le 25 juin 1905 et le 11 juillet 1906, un orage s'étant produit dans la partie sud-ouest de la combe des Amburnex (plusieurs km au S de la limite de la carte), à l'exclusion des autres régions de la vallée, la source du Brassus doubla ou tripla brusquement de volume quatre heures plus tard.

C'est un premier indice; quelques considérations géologiques sur cette région vont nous en fournir d'autres.

¹⁾ D'après les mesures exécutées par la commune du Chenit, de 1927 à 1933, son débit varie de 110 à 600 l minute.

²⁾ Il s'agit probablement de l'observateur cité par RENÉ MEYLAN (58).

La source du Brassus jaillit au bas d'un petit vallon d'érosion, dont la partie supérieure est sèche. On y trouve de grosses accumulations glaciaires avec des vallums bien conservés, et le lit d'un ruisseau qui provenait sans doute de l'ancien glacier. Le vallon lui-même est antéglaciaire, puisqu'il est rempli de matériaux morainiques et que, d'autre part, il débouche dans la vallée principale par un petit défilé du genre épigénétique, creusé entre le Crétacé et le barrage de glaciaire. Ce territoire a donc été depuis très longtemps le siège d'un écoulement intense; superficiel, lorsque le ravin s'est formé, glaciaire à certaines époques, souterrain actuellement.

Cela s'explique parfaitement si l'on tient compte de quelques particularités tectoniques locales. Le grand bassin du Pré de Bière, du Pré de Denens et de la combe des Amburnex est séparé de la vallée principale par l'anticlinal des Petites Chaumilles (v. pl. 1), puis par celui qui lui succède vers le SW (v. FALCONNIER, 59). Mais alors que le premier anticlinal s'éteint brusquement près de la Meylande Dessus, l'autre n'apparaît que plus loin. Ainsi il existe à la hauteur du Brassus une véritable interruption de cette première chaîne, qui se traduit en surface par une dépression transversale, un col très large, qu'utilise la route du Marchairuz. Ce passage se prolonge au NW par le ravin du Brâssus; on comprend qu'il ait servi d'exutoire superficiel aux eaux et aux glaces de toute la région située en arrière. Il est permis de croire que cet écoulement, maintenant qu'il est souterrain, se produit par la même voie.

La conclusion de tout cela est que l'on peut admettre sans preuves absolues, que la source du Brassus est alimentée par le drainage souterrain du bassin du Pré de Bière et des Amburnex, et des régions avoisinantes.

b) La source de la Lyonne (300 m au SE de l'Abbaye).

En apparence tout au moins, la source de la Lyonne a un caractère vauclusien beaucoup plus net que celle du Brassus. Elle jaillit directement du calcaire portlandien, à la base d'une petite paroi. Quelques mètres au-dessus d'elle, deux anciens exutoires, les chaudières d'Enfer, fonctionnent encore en cas de très forte crue.

A tous autres égards, elle présente de grandes analogies avec celle du Brassus: son emplacement au bas d'une petite vallée sèche remplie de terrains glaciaires, sa situation à la hauteur de l'endroit où prend fin l'anticlinal des Petites Chaumilles dans la direction du NE. Tout indique que ces deux sources ont pris naissance dans des conditions semblables, symétriquement aux deux extrémités de ce petit anticlinal.

Il n'est pas possible de connaître exactement l'origine des eaux de la Lyonne; aucune observation précise n'a été faite à ce sujet; aucun entonnoir ne permet de tenter des expériences de coloration¹⁾. En raisonnant par analogie avec le cas du Brassus, on arrive à la conclusion que le bassin d'alimentation comprend toute la région du Sapelet Dessus et Dessous, le Communal, la Coche, peut-être le Bucley. En tout cas, lorsque l'écoulement se produisait en surface, ce territoire était drainé tout entier par les affluents de la Lyonne et l'on peut admettre raisonnablement que le fait de couler en profondeur, ne change pas la destination primitive de l'eau.

c) Source de l'Orbe (2,5 km au NNE du lac Brenet).

La source de l'Orbe est plus importante et se prête à des considérations beaucoup plus intéressantes à tous égards que les deux précédentes. Les études minutieuses, les expériences nombreuses dont elle a été l'objet, ont montré qu'elle est l'exutoire naturel de la vallée de Joux et que, notamment, une grande partie de son eau provient des entonnoirs ou des pertes invisibles des lacs.

Elle est située environ 2 km à l'W de Vallorbe, au fond d'un cirque rocheux; l'eau jaillit à la base d'une haute paroi de Malm, à l'altitude de 789 m, par un orifice large et surbaissé. L'exploration par un scaphandrier a révélé que ce trou s'enfonce obliquement d'au moins 11 m; ce serait donc la branche montante d'un siphon.

¹⁾ M. BERNEY, de l'Abbaye, a observé qu'une forte pluie produit, au bout de 4 ou 5 h., une augmentation de débit considérable, mais de faible durée.

100 m au-dessus de la source, au bord du sentier en zigzag qui rejoint la route, s'ouvrent les deux grottes aux Fées. Toutes deux représentent sans doute, sinon des orifices antécédents de la source, tout au moins d'anciennes galeries d'amenée. En période de grandes pluies, des suintements s'y produisent encore, sans que l'on sache s'il s'agit d'eau d'infiltration ou du trop-plein de la source.

On a prétendu (58) que la source de l'Orbe se trouve au contact du Séquanien et de l'Argovien. En réalité, elle est en plein calcaire séquanien dont le sommet, visible sur le plancher des deux grottes, s'abaisse en direction du S, de façon à passer à une très faible hauteur au-dessus de la source.

NOLTHENIUS (55) remarque qu'elle coïncide avec le fond d'un synclinal. C'est vrai, mais nous ne croyons pas que cela ait contribué à déterminer sa position, car il ne s'agit pas du prolongement du synclinal du lac Brenet (S du Solliat), mais d'un simple repli secondaire de l'anticlinal du Risoux qui est interrompu par le décrochement de Pierre Punex. Si l'on veut absolument expliquer la situation de la source de l'Orbe, il faut tenir compte de l'important décrochement de la Dernier qui bouleverse la tectonique et la topographie de la vallée de l'Orbe, 500 m en aval.

Il ne peut être question d'exposer ici, par le menu, toutes les recherches qui ont été faites depuis 150 ans, sur le régime de la source de l'Orbe et sur ses relations hydrologiques avec les lacs de la vallée de Joux. Nous nous contenterons donc de résumer brièvement les résultats les plus intéressants, en particulier ceux qui nous apportent quelques renseignements sur le phénomène de la circulation souterraine, renvoyant pour plus de détails à la liste bibliographique.

En 1776 se produisit une expérience involontaire relatée par DE SAUSSURE (1); la digue que les habitants avaient élevée entre les deux lacs, afin de pouvoir nettoyer l'entonnoir de Bon Port, s'étant rompue, il en résulta une brusque élévation du niveau du lac Brenet et un violent brassage de ses eaux. Quelques heures plus tard, la source de l'Orbe subit une crue et se troubla à son tour.

1853/54. BURNIER, CH. DUFOUR et YERSIN (8) firent quelques mesures thermométriques comparatives du lac Brenet et de quelques sources du pied du Jura. Les résultats qu'ils obtinrent montrèrent que seule la source de l'Orbe présente des variations thermiques saisonnières, en liaison étroite avec celles du lac.

1855. Quelques habitants de la vallée dirigés par LUCIEN REYMOND (13) tentèrent un premier essai de coloration avec la teinture d'iode. On versa dans l'entonnoir de Bon Port 50 livres d'amidon, mais aucune réaction ne fut obtenue avec l'eau de la source.

1884. GUIGER DE PRANGINS, ayant fait ouvrir les sources de Bon Port, observa une crue de l'Orbe au bout de 15½ heures.

1892. Nouvelle tentative de coloration au violet d'aniline par FOREL (28) sans aucun résultat, ce colorant étant décomposé par les sels de chaux.

1^{er} septembre 1893. Première expérience positive. Sans avertir personne, PICCARD (32) versa dans l'entonnoir de Bon Port quelques kilos de fluorescéine puis s'en fut; le lendemain, les articles sensationnels des journaux lui apprirent le plein succès de son expérience.

28 décembre 1893. FOREL et GOLLIEZ répétèrent cette expérience en la complétant par une crue artificielle et en faisant surveiller toutes les sources du pied du Jura et celle du Doubs. A la source de l'Orbe, la crue se manifesta au bout de 2 heures 8 minutes, et atteignit son point culminant 7 heures 40 minutes plus tard. La substance colorante apparut après 22 heures et se maintint pendant 17 heures. Pas de coloration dans les autres sources.

6 janvier 1894. La même expérience fut faite à l'entonnoir du Rocheray, près de l'extrémité sud-ouest du lac de Joux. La coloration de la source ne se produisit qu'au bout de 12 jours et dura 40 heures.

Ces résultats furent exposés dans plusieurs articles (33, 36, 46, 47). GOLLIEZ en déduisait que l'eau s'accumulait au fond du synclinal de la vallée de Joux et sortait au point le plus bas de celui-ci.

1897. FOREL mesura le débit de la source par temps sec: 3,43 m³ par seconde dont 2 m³ provenant des entonnoirs (36).

1899. A la suite de l'ouverture des vannes des entonnoirs, FOREL mesura, outre la crue principale, deux oscillations durant les jours suivants, comme s'il s'était agi de seiches. Il en déduisit qu'il existait entre les pertes et la résurgence plusieurs lacs souterrains (38).

1909. A la suite de l'obstruction des entonnoirs et de l'écoulement artificiel du lac, FOREL étudia le régime thermique de la source comparativement avec les résultats obtenus en 1853 par BURNIER, DUFOUR et YERSIN. Il constata que la température varie toujours dans des limites sensiblement égales et il en conclut que la source est encore alimentée par les pertes des lacs, dans la proportion de 30 à 40 % (49).

Si FOREL n'a pas eu la satisfaction de réussir la première expérience de coloration, c'est pourtant à lui que revient le mérite de ces recherches qui ont jeté une vive lumière dans le domaine de l'écoulement souterrain de l'eau en terrain calcaire.

V. L'écoulement souterrain.

Les faits qui viennent d'être exposés amènent quelques remarques qui serviront de conclusions à ce chapitre.

Les expériences et les observations relatives aux entonnoirs à la source de l'Orbe et à leurs relations réciproques démontrent l'existence d'un réseau hydraulique hypogé que l'on a appelé Orbe ou lac souterrain, à tort à notre avis, car il s'agit sans doute de tout autre chose que d'un cours ou d'une nappe d'eau tels qu'on se les représente.

A défaut le lac, il existe un niveau hydrostatique; c'est ce que prouvent les seiches de FOREL et l'asynchronisme de la coloration et de la crue dans les expériences du même auteur. Il y a même plusieurs niveaux, deux au minimum, un pour le lac de Joux, un autre pour le lac Brenet, sinon les entonnoirs du second reflueraient comme ceux du premier et simultanément.

Le réseau souterrain est alimenté non seulement par les entonnoirs (du moins autrefois) et les pertes du lac, mais il l'est aussi, bien qu'on n'en ait pas la preuve, par les entonnoirs du vallon du Solliat et l'infiltration sur le versant suisse de la chaîne du Risoux.

En ce qui concerne la chaîne du Mont Tendre, on ne sait rien de l'écoulement des eaux, hors ce qui a été dit des sources du Brassus et de la Lyonne.

La circulation de l'eau en profondeur se fait par le procédé karstique, c'est-à-dire qu'elle se produit par des canaux sans cesse agrandis par la dissolution chimique et l'érosion mécanique. C'est ce que l'on peut inférer de la rapidité des communications entre les entonnoirs et la source.

Les découvertes faites lors du percement du Mont d'Or (89), signifient que l'écoulement se fait de la même façon à l'intérieur des chaînes. Pourtant, on peut se demander si le problème n'est pas plus complexe qu'il ne paraît au premier abord. Ainsi la source du Brassus et celle de la Lyonne ne sont pas des résurgences typiques; leur température est peu variable ¹⁾, leur débit ne descend pas au-dessous d'un certain minimum. Il semble qu'elles soient alimentées, à part les eaux d'écoulement rapide dont elles bénéficient en période de crue, par des réserves circulant très lentement dans des fissures étroites et retenues, ou du moins retardées, par les niveaux marneux semi-perméables qui interrompent fréquemment la série des calcaires.

Des mesures précises et nombreuses de la température et du débit des sources, comparées aux observations météorologiques, se prêteraient sans doute à des interprétations fort intéressantes.

De toute façon, l'étude hydrologique de la vallée de Joux nous amène à la même conclusion générale que celle de sa morphologie (chap. 11), en ce sens que, en profondeur comme en surface, le karst jurassien présente un caractère inachevé, non évolué et que dans un cas comme dans l'autre, les mêmes causes ont contribué à enrayer son évolution normale: l'impureté du calcaire, la fréquence des niveaux marneux, les matériaux glaciaires.

VI. Hydrographie ancienne.

Les conditions d'écoulement de l'eau pendant et après la dernière glaciation ont été étudiées dans le chapitre consacré à ce phénomène. Il s'agit d'examiner maintenant ce qu'elles étaient, avant que le pays ne fût occupé par les glaciers de la période wurmienne.

¹⁾ D'après quelques observations de BURNIER, DUFOUR et YERSIN en 1853/54, la température de la Lyonne oscille entre 6° et 6,2° (8).

Dans le chapitre consacré à la morphologie, nous relèverons l'existence, sur les deux versants de la vallée, d'un réseau de dépressions transversales sans eau et antérieures aux glaciers. Ces vallées sèches sont certainement d'origine fluviale; leur disposition, la façon dont elles confluent les unes vers les autres suffisent à le démontrer. Mais là s'arrêtent nos connaissances; nous ne savons rien des cours d'eau qui leur ont donné naissance, pas même leur âge. Il faut admettre pourtant qu'à une époque anté-wurmienne indéterminée, des conditions climatiques ou autres favorisèrent l'écoulement superficiel dans une mesure suffisante, pour que des torrents conséquents aient pu se former sur les flancs des principaux anticlinaux et y creuser des vallons transversaux.

On retrouve aussi dans les chaînes les traces d'un écoulement souterrain très ancien; les baumes par exemple (v. p. 129) sont de vieux canaux collecteurs qui n'ont pu se former qu'à une certaine profondeur ou dans le prolongement d'un entonnoir. Or, toutes celles que l'on connaît sont non seulement séniles, mais elles n'ont plus aucun rapport avec l'activité karstique actuelle. A ce point de vue, la baume du Mont Tendre, qui s'ouvre tout près de l'arête, 550 m au SW du sommet, dans une pente régulière, est tout à fait remarquable et il est évident qu'elle date d'une époque où les circonstances locales étaient très différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui.

Un autre indice nous est fourni par un grès sidérolithique (v. p. 45) composé de matériaux crétacés, qui occupe le fond d'une crevasse du Risoux, en plein massif jurassique. Le dépôt d'un matériel de ce genre a dû se faire dans une canalisation souterraine lorsque le Risoux possédait encore sa couverture de Crétacé.

On en vient ainsi à admettre que ce pays a eu de très bonne heure un mode d'écoulement en profondeur et que ce régime a duré jusqu'à nos jours, à part quelques épisodes fluviaux et glaciaires.

Les conditions hydrographiques et topographiques qui ont précédé immédiatement la dernière glaciation, peuvent être reconstituées sans difficulté, et dans quelques régions elles se révèlent particulièrement intéressantes et suggestives. C'est le cas, par exemple, dans les petits bassins du vallou du Solliat. Le fait qu'ils sont en grande partie remplis de glaciaire indique qu'ils étaient plus profonds avant leur occupation par le glacier. Actuellement, un seul, celui du lac Ter, est encore fermé; deux autres, le Pontet (1500 m NE du Solliat) et celui de Derrière la Côte (1000 m à l'W du Sentier), débouchent dans la vallée principale par des petites cluses modernes taillées dans le Jurassique de la Côte; ils étaient donc fermés autrefois. Enfin, les deux derniers, les bassins du Solliat, de la Combe du Moussillon (1500 m NW du Brassus), sont reliés au thalweg par de petits défilés épigénétiques, creusés au bord d'amas morainiques qui obstruent d'anciens débouchés plus importants que les actuels.

A l'époque antéwurmienne, une partie de l'eau du vallon du Solliat disparaissait donc par voie souterraine et le reste s'écoulait dans la vallée par des échancrures plus larges et plus profondes que les petites cluses d'aujourd'hui. On en peut conclure que le niveau de base local était inférieur à celui du lac de Joux (1008 m) et à plus forte raison à l'altitude du seuil de la vallée (Pierre Punex, 1060 m). L'eau devait donc nécessairement s'écouler par des entonnoirs; le lac, s'il existait, était beaucoup plus bas que les lacs actuels, mais on peut aussi admettre avec FOREL (27) que le fond de la vallée était occupé seulement par une rivière qui se perdait dans quelque gouffre après avoir serpenté sur le thalweg. Si nous admettons cette hypothèse, il resterait à déterminer l'emplacement de ce grand exutoire. Rien ne permet de le faire avec certitude. FOREL pensait qu'il devait être situé à l'endroit le plus profond du lac actuel, c'est-à-dire à la hauteur du Lieu, à peu près. Mais on peut se demander aussi s'il ne se trouvait pas déjà dans le bassin du lac Brenet, qui possède tous les entonnoirs importants actuels. Il est permis d'imaginer que la position de ces derniers a été déterminée par la présence de canalisations souterraines utilisées avant le colmatage glaciaire, et que par conséquent, leur emplacement ne doit pas différer beaucoup de celui de l'ancienne perte de la rivière. On sait aussi que le même bassin du lac Brenet coïncide avec une très ancienne dépression topographique, en partie comblée par des chevauchements ultérieurs (p. 114 et suivantes).

Cela semblerait indiquer que cette région a été depuis fort longtemps le lieu d'écoulement souterrain de la vallée de Joux.

VII. Résumé.

- a)* La vallée de Joux est un bassin fermé composé.
- b)* Le réseau hydrographique superficiel du bassin principal comprend les lacs de Joux et Brenet, l'Orbe et leurs affluents, le Biblanc, le Brassus, la Lyonne. Les bassins secondaires ne possèdent que quelques ruisselets, des tourbières, et l'un d'eux, le lac Ter.
- c)* L'eau disparaît tout entière en profondeur, soit immédiatement par les fissures des lapiez, soit avec un certain retard par les entonnoirs. Actuellement, une partie de l'eau des lacs est évacuée par une conduite artificielle.
- d)* Les seuls terrains aquifères intéressants sont l'Hauterivien inférieur, les argiles du Gault et le glaciaire. La majeure partie de l'eau aboutit aux sources vauclusiennes du Brassus, de la Lyonne, à la résurgence de l'Orbe et aux sources du pied du Jura.
- e)* Les expériences de PICCARD et de FOREL ont démontré que la source de l'Orbe est alimentée en partie par les entonnoirs et les autres pertes des lacs.
- f)* Dans l'ensemble, le régime hydrographique de la vallée de Joux correspond à un karst entravé dans son évolution.
- g)* Selon toute vraisemblance, la période qui a précédé l'occupation glaciaire, était caractérisée par un régime karstique plus accentué qu'aujourd'hui. Les lacs n'existaient pas et la rivière disparaissait dans un gouffre.