Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 7 (1910)

Heft: 4

Artikel: Les méandres de la Sarine

Autor: Calciati, Cesare

Kapitel: II: Les méandres de la Sarine

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306979

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

II.

LES MÉANDRES DE LA SARINE

§ 1 La Sarine et le Plateau.

Il ne sera pas inutile de faire précéder ce chapitre, objet principal de notre travail, de quelques unes des notions générales et élémentaires sur l'ensemble géologique et géographique de la Sarine et de la région qu'elle parcourt.

La Sarine[1] prend sa source dans le canton du Valais et sort à l'altitude de 2358 m. du glacier de Zanfleuron[2] qui se trouve entre l'Oldenhorn au Nord et la Tour St Martin au Sud. La longueur totale de son cours, y compris les méandres, est d'environ 119 Km. 5. La

---

1) Voir *Dictionnaire géographique de la Suisse* (S. Sorcryo Schwyz) : *Sarine,* p. 420.

2) P. Girardin : Quelques cas de diffluence des glaciers actuels ; ce que signifie la ligne de partage des eaux en haute montagne. In « *La Montagne* », Revue du Club alpin français, octobre 1908.

A propos du Glacier de Zaufleuron, au col du Sanetsch, Valais, l'auteur écrit : « Lors des levés de la carte Dufour et Siegfried, le glacier comprenait deux langues, tributaires, l'une de la Sarine, c'est-à-dire du Rhin, l'autre de la Morge, c'est-à-dire du Rhône. La langue du glacier était donc à cheval sur la ligne de partage des eaux de l'Europe. Cet état de choses a cessé depuis quelques années seulement, d'après H. Schardt et F. Nussbaum. Aujourd'hui, seul l'affluent de la Morge fonctionne, la branche de la Sarine est barrée par une moraine frontale de retrait, et la source apparente de la Sarine est au Sanetschhorn. Mais en réalité, les eaux glaciaires de cette langue continuent de rejoindre souterrainement la Sarine. Le schéma ci-contre rend compte, d'après les indications de H. Schardt, de cette disposition. Nous avons eu connaissance dans le pays d'un troisième émissaire souterrain qui débouche dans la Morge par l'orifice d'une grotte et qui ne fonctionne que pendant les grandes chaleurs ».

pente moyenne générale en est de 1,5 %; celle de la partie du cours qui correspond à la traversée du plateau suisse est de 0, 5 %. Le cours tout-à-fait inférieur qui finit au niveau de base constitué par son confluent avec l'Aar, près de Mühleberg à l'altitude de 463 m., a une pente beaucoup moindre encore, car alors la Sarine coule sur un amas considérable d'alluvions récentes, et se trouve maintenue dans ses rives par de longs travaux d'endiguement. L'étendue superficielle de l'ensemble du bassin de réception est d'environ 3060 km².

La quantité d'eau annuelle qui tombe sur la région de ce bassin peut être évaluée d'une façon approximative et générale à 1 m. 495 mm. par m². Au total on aurait une chute de 1 440 000 000 m³ d'eau sur ce bassin ; mais le coefficient de déperdition ferait diminuer du 20 % environ la masse d'eau annuelle qui entre dans l'Aar. Le régime général annuel de la Sarine se traduirait normalement par une période d'étiage au commencement de l'hiver et une période de crue au commencement de l'été. En chiffres ronds, elle a 200 jours d'étiage et 100 jours de crue ; le nombre restant appartient au *module*.

C'est en octobre et par les jours de *bise* (vent du Nord) froide et sèche que la Sarine est réduite à son plus petit débit.

Cependant la Sarine, étant surtout une rivière de montagne, abstraction faite de quelques affluents du Plateau sur sa partie inférieure, est loin d'offrir une régularité constante ; elle se rapprocherait plutôt d'un régime torrentiel.

Toutefois son débit minimum permet encore de l'utiliser comme force motrice d'importantes usines électriques et offre la possibilité d'exécuter d'importants travaux d'accumulation au moyen de réservoirs.

M. A. Gremaud, ingénieur cantonal, a publié en 1905 une intéressante note[1] où il fait remarquer les changements

---

[1]) Am. Gremaud : *Changements survenus depuis quelques années*

survenus depuis quelques années dans le régime des basses eaux de la Sarine.

En 1869 la commission technique chargée d'examiner le projet des installations de la Société des Eaux et Forêts, avait arrêté à 16 m³ le débit de la Sarine. En 1880, par ordre du Conseil Fédéral, on a exécuté le jaugeage des principaux cours d'eau de la Suisse, et la Sarine n'avait alors que 9 m³.

Mais en 1904, commencement de décembre, d'après le limnimètre du pont de St Jean à Fribourg, la Sarine était tombée à 7 m³.

Plus loin M. Gremaud écrit : « Il résulte de ce qui précède que le régime des eaux de la Sarine s'est sensiblement modifié depuis une dizaine d'années : les hautes eaux atteignent un niveau moyen moins élevé durant l'été et l'automne, mais ce niveau est beaucoup plus variable que précédemment. En ce qui concerne les basses eaux, les courbes sont assez semblables, mais celle de 1894 à 1904 reste toujours au-dessous de celle de 1883 à 1903 ; donc le niveau des basses eaux a baissé d'une manière assez sensible. »

L'auteur attribue ces changements à des causes multiples ; nous ne citerons que les plus importantes. D'abord on a fait de nombreux travaux d'assainissement et de drainage qui facilitent l'écoulement rapide des eaux de pluie ; ensuite les longs tunnels qui ont été construits, nécessités par les Usines électriques, ont augmenté les chances d'évaporation et d'infiltration et on a dû capter et drainer quelques sources préexistantes sur les flancs de la vallée ; mais la cause capitale, force nous est encore de la chercher parmi les nombreux méfaits du déboisement qui s'opère sur une vaste échelle depuis une dizaine d'années dans le bassin de la Sarine. Il serait temps de comprendre la gravité des désavantages occasionnés par l'oeuvre imprévoyante du déboisement. Il y a là véri-

---

dans le régime des basses eaux de la Sarine. Fragnière Frères, Fribourg, 1905.

tablement une question vitale et on le comprendra plus facilement si l'on songe aux malheureux pays qui en ont déjà éprouvé les terribles conséquences !

Pour donner une idée suffisament exacte du débit de la Sarine, je reproduis les graphiques des années 1907 et 1908 (établis par l'Entreprise Thusy-Hauterive[1]) qui représentent assez bien dans leur ensemble la moyenne de plusieurs années. Cependant la crue du mois de décembre 1907 est exceptionnelle. Elle a été produite par une pluie subite, mais surtout par un coup de föhn, vent local, chaud et qui entraîne une fusion rapide des neiges. Il est curieux de voir sur ces graphiques un phénomène qui se reproduit toujours avant et après une crue violente de la Sarine. Il est figuré et exprimé par une extension et même une descente de la courbe, immédiatement avant et après la «pointe».

Comme aperçu géologique[2] je rappellerai qu'après la formation du grand synclinal entre le système alpin et le Jura appelé aussi «Auge subjurassienne», la mer miocène à l'époque tertiaire est venue déposer la molasse marine (hélvétien) dans toute la partie centrale de la Suisse. Peu de temps après le plissement alpin a fait basculer vers le Nord le plateau molassique y produisant quelques légers plissements. Sur la molasse marine existent par places des nappes plus ou moins considérables de molasse lacustre ; mais cette roche offre la même résistance à l'érosion. L'étude des gisements ne semble que

---

[1]) J'adresse ici mes meilleurs remerciements à Mr Maurer, ingénieur en chef de Thusy-Hauterive et tout spécialement à Mr Weber, ingénieur de cette entreprise, pour les deux documents et les renseignements qu'ils ont bien voulu me fournir.

[2]) R. de Girard : Les Alpes Fribourgeoises. Extrait de la *Revue des questions scientifiques,* Louvain, Janvier 1898.

R. de Girard : *Notice géologique et technique sur les produits minéraux bruts du canton de Fribourg.* Rey & Malavallon, Genève, 1896.

M. Musy : *Le canton de Fribourg; Esquisse d'Histoire naturelle,* Fragnière Frères, 1891.

d'une médiocre utilité pour la question qui nous occupe. Pour finir, à l'époque quaternaire se sont produites les quatre grandes glaciations qui, en recouvrant entièrement le plateau, lui ont imposé, par leur travail, une physionomie extérieure nouvelle, c'est-à-dire, une topographie glaciaire très caractéristique[1].

La Sarine dans sa traversée du plateau, coupe transversalement plusieurs chaînes de collines molassiques ; cette rivière est pourtant bien postérieure à la formation de celles-ci puisqu'elle a pu les couper et a trouvé un écoulement à travers les moraines et les collines rabotées, grâce au travail antérieurement opéré sous les glaciers eux-mêmes.

§ 2 Les méandres encaissés de la Sarine.

C'est seulement le cours moyen et inférieur de la Sarine, à travers le plateau molassique suisse, depuis Pont-la-Ville jusqu'à Laupen, qui est à méandres encaissés.

La distance entre ces deux points et plus exactement entre le pont de Thusy et le confluent de la Singine, est en ligne droite de direction générale N. N.-E. — S. S.-O., d'environ 30 km. Au contraire la distance entre les mêmes points mesurée au milieu du cours d'eau est de 51 km.

J'ai voulu signaler de suite ces chiffres pour que le lecteur pût apprécier l'importance du développement des méandres formés par la Sarine.

Voici d'autres chiffres importants :

Altitude de la surface de l'eau au pont de Thusy :	640 m.
Altitude au confluent de la Singine :	437 m.
Différence de niveau :	153 m.

Or, connaissant la distance mesurée sur la rivière entre ces deux points, nous en calculons la pente générale qui est de 3,006 $^0/_0$.

---

[1]) M. Koncza : *Contribution géographique et topographique à l'étude des cirques de montagnes, (Alpes Fribourgeoises et Tatra-Carpathes).*

Mais il nous faut tenir compte de la rupture de pente de 12 m. du Barrage à Fribourg, qui se trouve à l'altitude supérieure de 560 m. à 28 km. de distance de Thusy, et à 23 km. de la Singine :

Pente entre Thusy et Fribourg :	2 m. 857 $^0/_{00}$.
Pente entre Fribourg et la Singine :	2 m. 772 $^0/_{00}$.
Moyenne des deux parties :	2 m. 814 $^0/_{00}$.

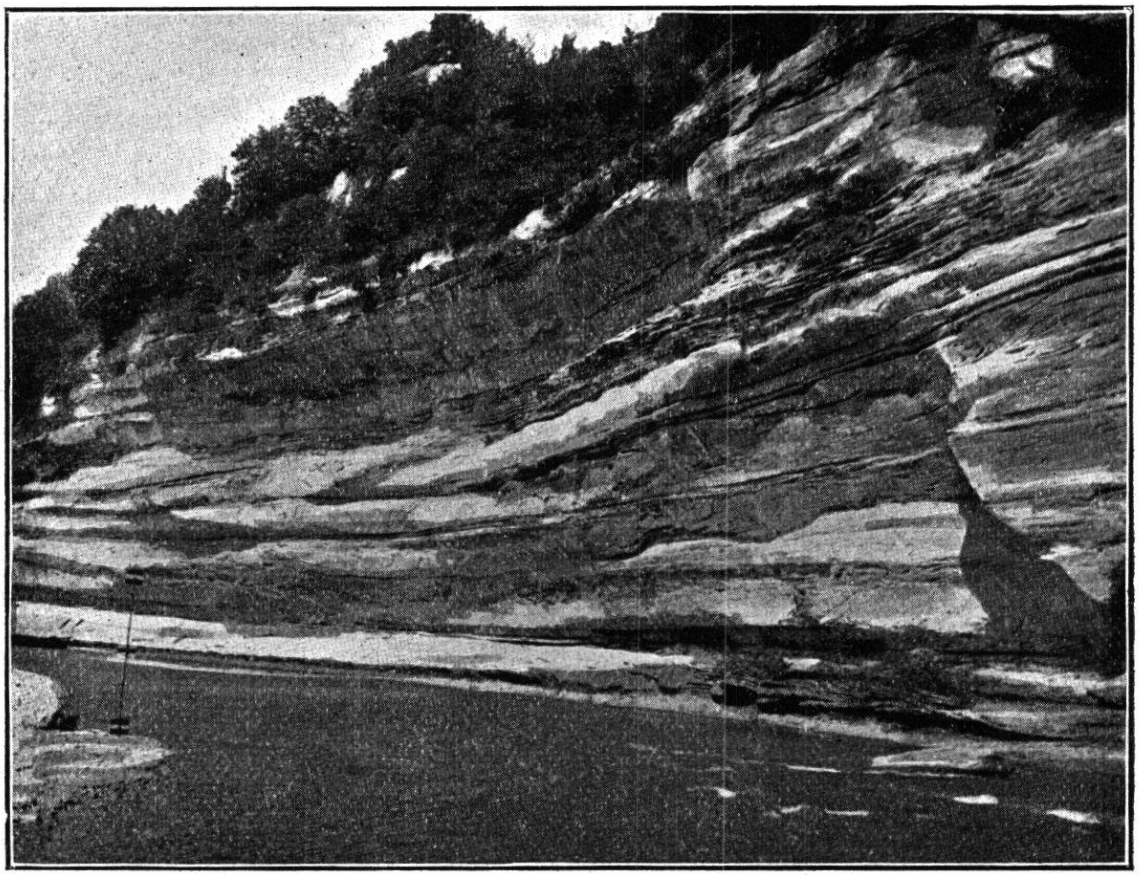
Sur ce parcours on compte 18 méandres proprement dits. 16 de ceux-ci se développent vers la rive gauche et seulement 2 vers la droite et encore, le développement de ces derniers est relativement très peu avancé.

Par rapport à l'origine des méandres de la Sarine nous avons déjà répondu indirectement plus haut, mais nous pouvons ajouter d'une façon plus précise, que dans ce cas particulier l'explication est donnée par la topographie glaciaire qui a forcé l'eau à passer parmi les mamelons et les sinuosités ébauchées sous les anciens glaciers en s'accroissant en méandres et en boucles suivant un procédé analogue à celui que nous avons étudié. La Sarine, à son origine, a dû ressembler à une rivière zigzagante dans les dépôts fluvioglaciaires qui recouvrent le plateau, mais dès qu'elle a pu atteindre la molasse, la formation de véritables méandres a commencé, grâce au fait que cette roche offre une résistance à l'érosion favorable au développement de ce phénomène. Il faut ranger dans les mêmes conditions que la Sarine d'autres rivières du versant N. et du versant S. des Alpes, qui, après le retrait du glacier, ont dû se creuser un lit à cañon et souvent à méandres encaissés, comme c'est le cas pour quelques rivières du Tessin.

Le creusement de la vallée de la Sarine, géologiquement parlant, est très jeune. A moins qu'une partie de son cours n'ait été déjà ébauchée à la fin de la dernière glaciation ou sous la glace elle-même, comme cela nous semble très probable, on peut dire que dans l'ensemble la vallée de la Sarine est postglaciaire. D'ailleurs les caractères topographiques extérieurs eux-mêmes révèlent très nettement la jeunesse de cette rivière.

Quand on considère la Sarine il suffit d'avoir présentes à l'esprit les lois générales de l'érosion fluviale, pour être frappé par trois faits qui caractérisent son âge.

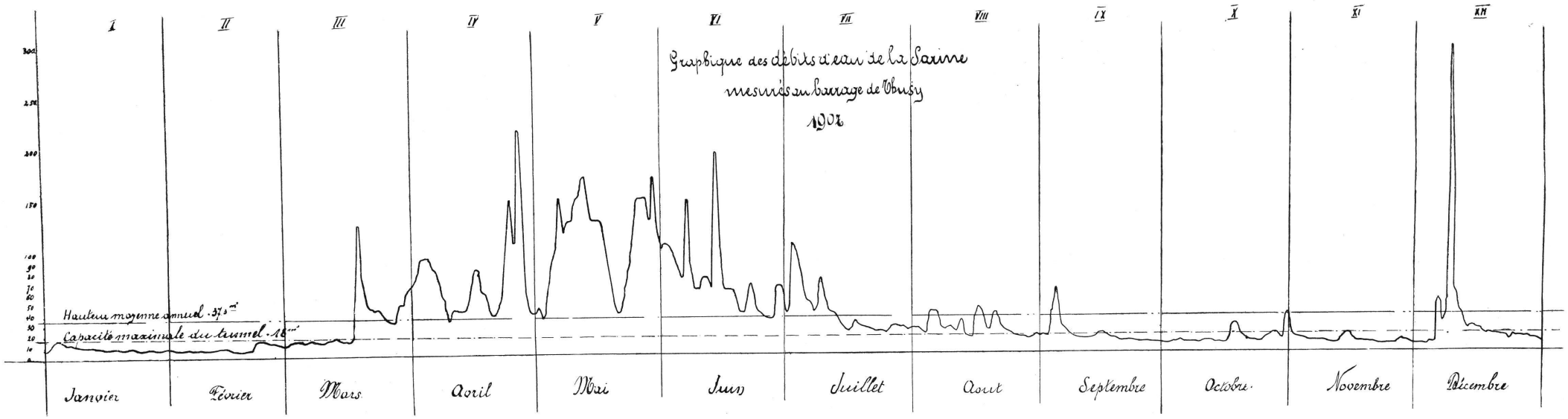
Premièrement, par l'à-pic des parois rocheuses et la raideur des flancs de la vallée ; ensuite par le fait qu'elle a une très faible influence sur la morphologie de la partie du plateau qu'elle parcourt ; et enfin par la vitesse de son courant.



(Phot. C. Calciati.)

Fig. 6. Exemple d'une Grande Paroi Surplombante Rive Droite de la Sarine (en amont de la boucle I)

Ces trois faits qui ne sont pas les seuls, sont pourtant les principaux et les plus significatifs et tous les trois ils nous démontrent à l'évidence une même chose, à savoir que la Sarine est encore au premier stade de son travail, celui d'approfondissement de sa vallée et n'a pas encore eu le temps d'en opérer l'élargissement. Voilà pourquoi d'un point quelconque du plateau, situé même


Graphique des débits d'eau de la Seine
mesurés au barrage de Nogent
1906
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
300
250
200
150
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Hauteur moyenne annuel 37,5 m³
Capacité maximale du tunnel 18 m³
Janvier
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre

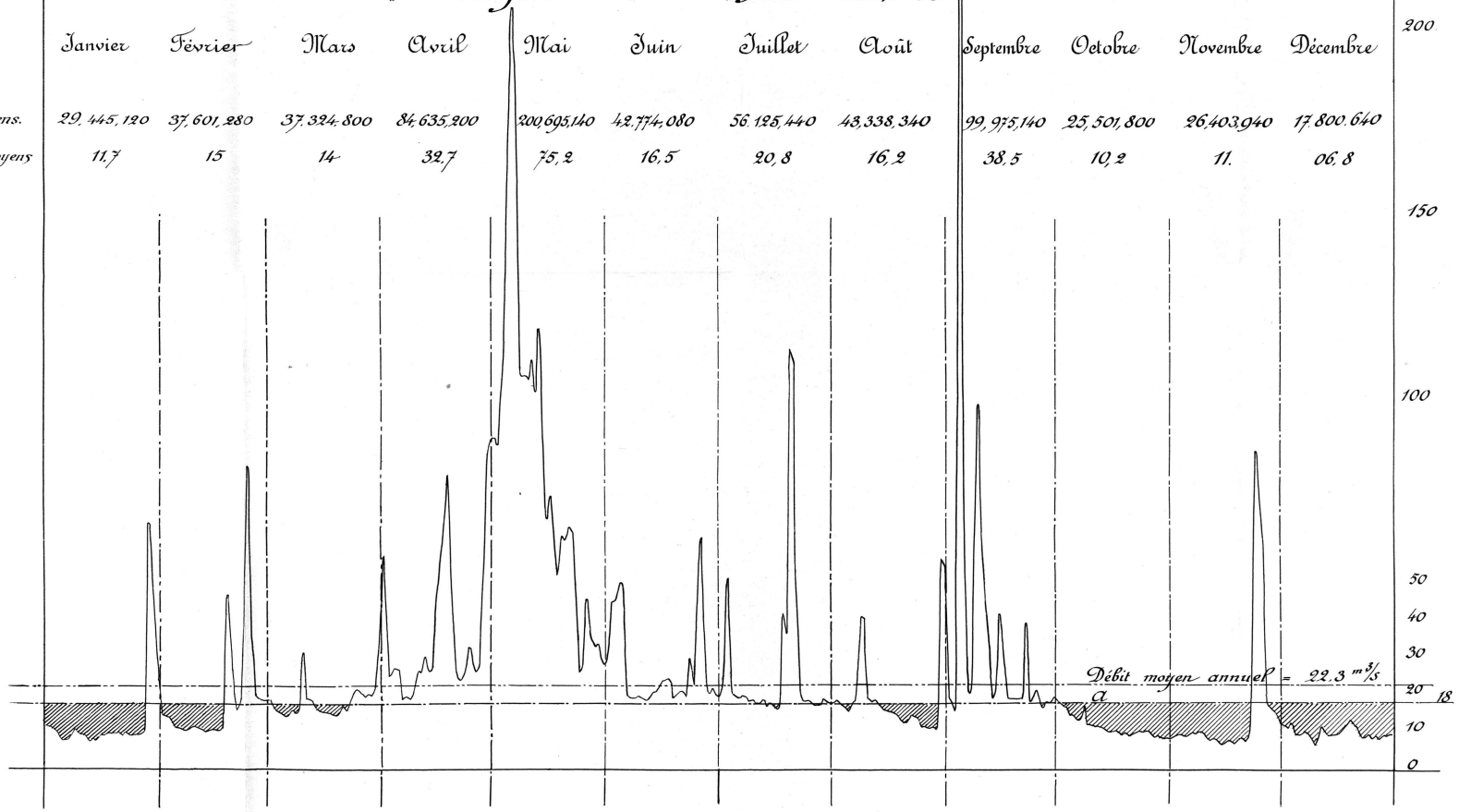
Entreprise Thusy-Hauterive

Graphique des débits d'eau de la Sarine mesurés au barrage de Thusy en 1908

Débit total de l'année 1908 = 701,620,920 m^3/s

" moyen " 1908 = 22,3 m^3/s

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Débits mens.	29,445,120	37,601,280	37,324,800	84,635,200	200,695,140	42,774,080	56,125,440	43,338,340	99,975,140	25,501,800	26,403,940	17,800,640
Débits moyens	11,7	15	14	32,7	75,2	16,5	20,8	16,2	38,5	10,2	11.	06,8



très près de la vallée, l'oeil d'un observateur ne se douterait pas qu'il a, à une petite distance de lui, une rivière de 90 m. de profondeur.

Cet approfondissement continu du lit de la Sarine a été la cause d'un travail très actif dans ses affluents, produisant une quantité considérable de captures sur des affluents d'autres rivières du plateau[1] qui ont dû travailler moins rapidement.

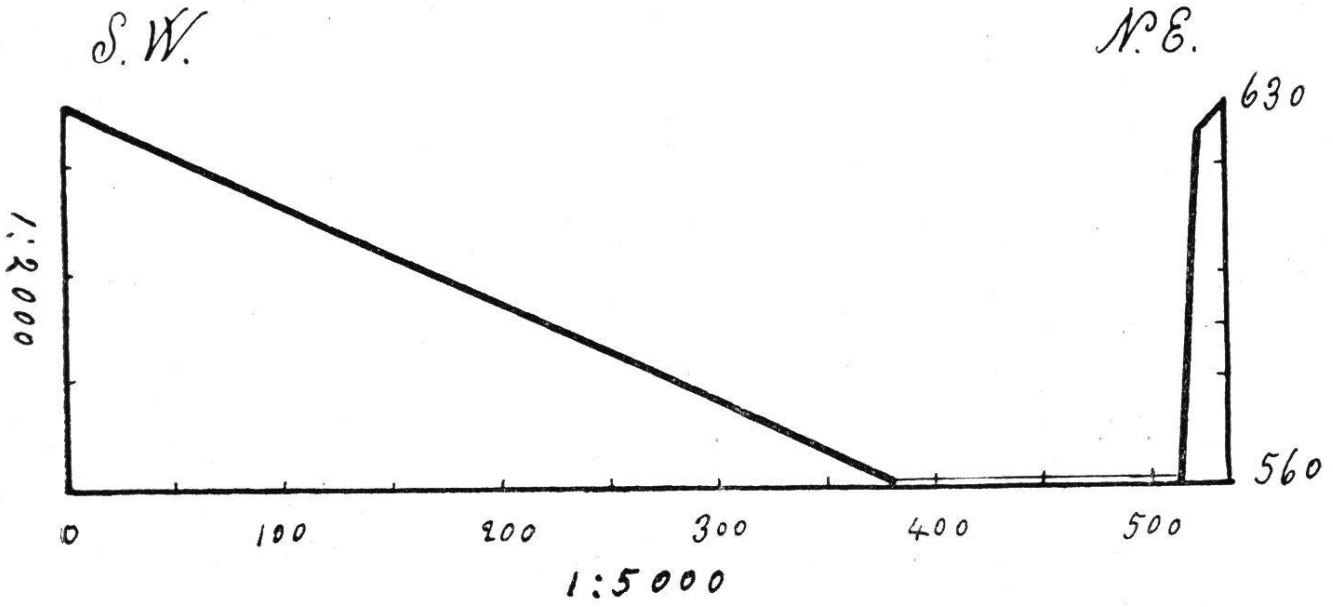


Fig. 7. Coupe Transversale
de la vallée de la Sarine « Scierie - Breitfeld », démontrant l'importance de l'encaissement à pic. (D'après le plan de Fribourg au 1 : 5000.)

Petits ravins. Mais pendant que ce travail s'opérait dans la Sarine la partie haute des rives, qui se trouve naturellement à découvert depuis un plus long temps, ont été le théâtre de l'activité des *eaux sauvages*. Le résultat de cette activité est, pour ainsi dire, en miniature, mais par places, d'une netteté surprenante.

Il existe tout le long de la partie supérieure des rives

---

1) Dr G. Michel : Contribution à l'étude des cours d'eau du plateau suisse ; Les coudes de capture du pays fribourgeois, in *Mém. de la Soc. des Sciences nat.*, Vol. VII, Géologie et Géographie, Fragnière Frères, Fribourg, 1909.

et très souvent aussi sur les parois molassiques qui n'ont pas reculé trop rapidement, (comme ce serait le cas pour les parois de Lorette, du Barrage...) une série de petits bassins de réception, de vallées en miniature qui impriment aux courbes de niveau une dentelure très continue[1]. Une description expressive est assez difficile, le croquis complétera la démonstration.

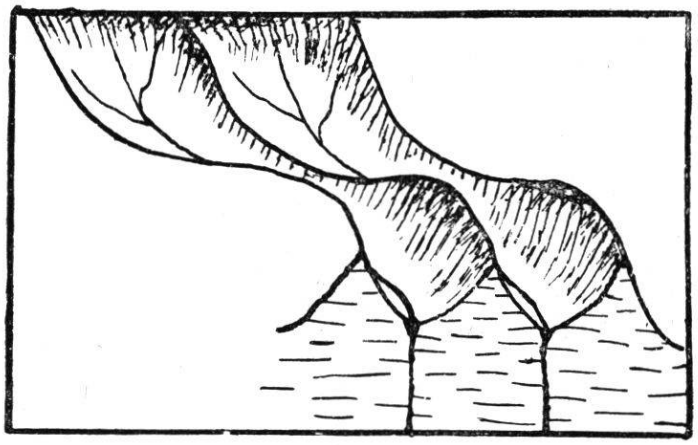


Fig. 8. Schéma de deux petites têtes de ravin, ou vallées suspendues, sur les parois molassiques de la Sarine.

Ce sont de véritables petites vallées suspendues, mais très mutilées, car des trois éléments principaux il n'en reste plus qu'un seul, le bassin de réception, le canal d'écoulement se trouvant constitué par la chute à-pic de la paroi dans la Sarine.

Elles se forment collées les unes aux autres et séparées par une crête qui, étant de plus en plus érodée, s'abaisse dans son milieu et tout se passe en petit, comme pour la migration des versants et la formation des cols. Ces cols ont pour effet de laisser en saillie un bout de la crête vers la Sarine, en forme de pyramide à trois faces d'un effet assez curieux.

Il n'est pas rare de trouver aussi plusieurs de ces petits bassins de réception superposés en escalier et cha-

---

[1]) Il est très regrettable qu'un levé topographique au 10 000me ne puisse pas rendre à cause de la raideur des versants, cette fine dentelure en festons de certains endroits des rives de la Sarine.

cun très nettement délimité. Souvent les vallées supérieures se bifurquent, et toujours d'une manière fort nette. Toutes sont tapissées d'herbes, et traduites en courbes de niveau, celles-ci paraîtraient en forme de feston[1].

Il existe une série d'exemples de ce phénomène sur la rive droite de la Sarine, entre le petit Vindig, près Fribourg et le pont de Grandfey. On les rencontre avant d'arriver au pont par le sentier qui longe la côte dans le bois. Dans ces endroits la pente est généralement très raide. Nous avons essayé d'en marquer le caractère sur les parois molassiques de notre levé et on pourrait les considérer peut-être comme le commencement d'un ravin affluent ou bien, par places, ils nous aident à comprendre la formation des «lanternes».

Terrasses. On a appelé quelquefois terrasses ces accumulations de «Fluvioglaciaire» qui se trouvent sur le plateau suisse et que les torrents ont dû fouiller et remanier au début de leur formation. Mais les terrasses dont nous voulons parler sont strictement fluviales; elles se font suite de l'amont vers l'aval et de haut en bas dans le cours de la Sarine, finissant par se confondre avec les grèves de formation actuelle. Toute formation de terrasses est dûe à des changements de régime de la rivière. La chronologie des faits implique toujours, dans des proportions très variables, d'abord un creusement en profondeur et en largeur, ensuite un alluvionnement et finalement un creusement vertical qui achève le gradin très raide de la terrasse. Supposons que ces phénomènes se répètent, espacés d'une période de repos relatif et nous voyons comment se vérifie la succession des terrasses.

Bien souvent une simple crue saisonnière ou accidentelle peut donner lieu à des terrasses considérables.

---

[1]) Il y a là une certaine analogie avec les formes étudiées par le Dr L. J. Romain: *Contribution à l'étude des cours d'eau du plateau fribourgeois; Ravins et têtes de ravins.* Imp. Barbier · Léon Maréschal sr, r. Dr Chaunier 5, Dijon, 1908.

Dans la Sarine, à méandres encaissés, nous distinguerons volontiers deux catégories différentes de terrasses : à la première appartiendraient celles qui se trouvent en corrélation directe avec l'accroissement des méandres, et conséquemment étalées sur les rives convexes sous une forme semi-lunaire, toujours analogue et distribuées le long de chaque rive alternativement et en *quinconce*. A la seconde on pourrait rattacher toutes les autres généralement de moindre importance, qui se trouvent le long du cours dans les parties rectilignes et irrégulièrement distribuées.

Entre les deux rives il n'est pas difficile d'établir la correspondance des terrasses, laquelle cependant ne peut pas être rigoureusement exacte, car leur formation non plus, n'est pas toujours rigoureusement contemporaine, mais appartient seulement à une même période, et cela surtout pour les terrasses de la seconde catégorie.

A Fribourg, par exemple, on peut distinguer une correspondance d'altitude très nette entre trois groupes de terrasses : les quartiers qu'on appelle Maigrauge, Neuveville, les Planches, l'Auge, les Neigles et ceux du Bourg et de Montorge et encore entre ceux du Collège St Michel et de Lorette, respectivement séparés par une partie plus raide qui serait traduite par le Stalden et la Rue de Lausanne.

Par ces terrasses qui ont leurs correspondantes partout ailleurs le long du cours d'eau, on a la révélation de trois périodes différentes d'érosion dans la vie de la Sarine, mais il ne faut pas croire que ces trois périodes correspondent à trois cycles d'érosion différents. L'hypothèse qui me paraît la plus probable consiste à les attribuer aux vicissitudes glaciaires de la fin de la dernière période.

Probablement aussi, pourrait-on expliquer l'un de ces stades de creusement, en en cherchant la cause dans la géologie de la région, où on a cru pouvoir reconnaître l'intervention relativement récente d'un mouvement de bascule du Sud au Nord subi par l'ensemble du plateau molassique

suisse. Ce mouvement aurait eu un effet analogue à celui de l'abaissement du niveau de base, entraînant ainsi divers phénomènes dans la vie des cours d'eau du plateau, comme par exemple l'assymétrie dans le réseau hydrographique entre les deux rives du bassin de la Sarine[1].

Des **éboulements** et souvent des glissements de terrain sont en relation directe avec le travail de la Sarine, soit par suite de l'agrandissement de ses méandres, soit comme simple conservation de la raideur de ses rives. Il nous serait difficile, et la question offrirait peu d'intérêt, de les signaler tous ; deux des plus importants et des plus caractéristiques des environs de Fribourg nous suffiront.

Il y a une douzaine d'années s'est produit un énorme éboulement d'une partie de la paroi de rocher molassique sur la rive gauche de la Sarine, entre le «Magdalenenholz» appelé l'Ermitage de la Madelaine, et le viaduc de Grandfey et que l'on peut voir depuis ce même pont. Il est intéressant de constater que l'éboulement existe encore dans

---

[1]) Nous sortirions de notre sujet si nous voulions insister sur les phénomènes de géographie humaine déterminés par les terrasses en général et par la Sarine en particulier. Nous ne signalerons ici que les faits principaux : Les parties plates et fertiles sont généralement occupées par l'établissement de maisons ou de granges qui se trouvent là parce que c'est l'emplacement le plus favorable pour les exploitations agricoles (surtout les terrasses des rives convexes). Toutes les parties en pente raide (rives concaves...) sont boisées. Bon nombre de châteaux plus ou moins anciens, (Illens, Arconciel, Glâne, Vivy...) quelques uns déjà en ruine, ont trouvé leurs fortifications naturelles sur les hautes parois de la Sarine et généralement là où celle-ci, formant une boucle, en défendait l'entrée sur trois côtés. Parmi ces châteaux il y en a vraiment de très pittoresques par leur situation étrange. J'ajouterai que la Sarine a joué le rôle d'une véritable barrière de séparation : cela tient aux grandes difficultés qu'elle offre soit à la construction des ponts, soit à l'établissement des routes de bonne communication, étant donné ses conditions naturelles.

Reprenant ces questions de géographie humaine à propos même de la Sarine, et liant les faits historiques au milieu géographique, il y aurait encore à en tirer des considérations très intéressantes.

sa plus grande partie et a poussé le cours actuel de la Sarine sur sa droite, observation au sujet de laquelle nous reviendrons plus loin.

Un autre s'est produit au mois de septembre (?) 1906 ; une partie de la paroi du rocher de l'ermitage s'est éboulée, formant un volume d'environ 800 m³ (?).

Cette fois le courant a déblayé les débris de cet éboulement, s'est maintenu sur sa droite et a recommencé à éroder le pied de la paroi comme auparavant.

D'autres se sont produits à Fribourg même, par exemple à la paroi du Sonnenberg. (Voir fig. 15.)

* * *

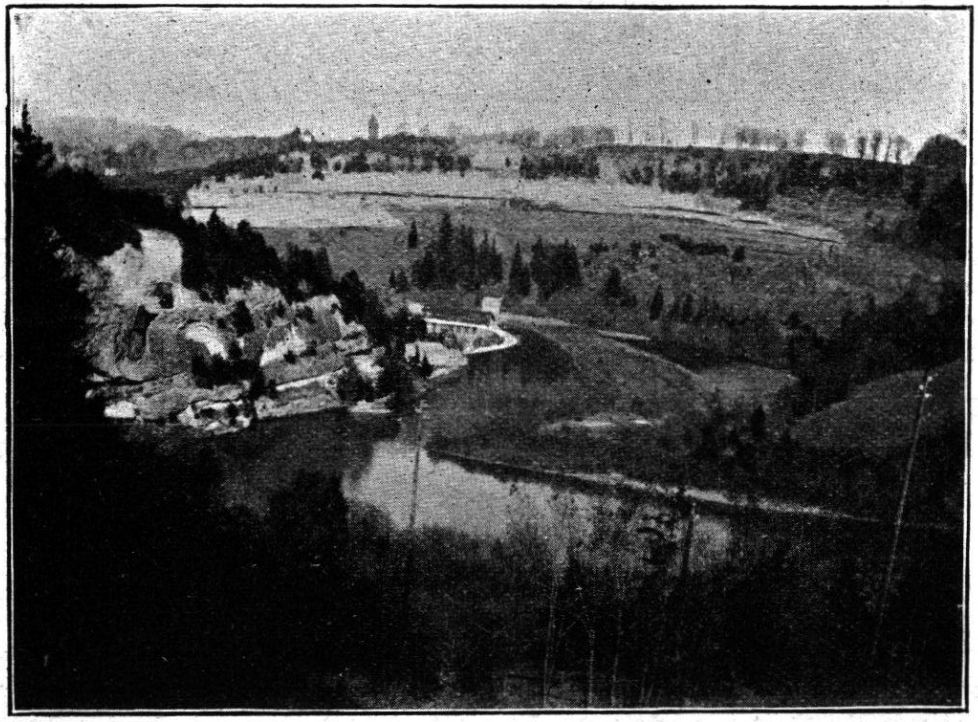
Il ne sera pas sans intérêt de jeter un coup d'oeil rapide sur les changements survenus dans le lit de la Sarine en amont de Fribourg après l'établissement du grand Barrage de la Maigrauge.

Ce barrage, d'une hauteur de 10 à 12 m., a été construit en 1870 et a eu pour effet naturel de refouler les eaux en amont du cours. Il s'est formé en 18 heures en 1872 une accumulation de 1 000 000 m³ qu'on a appelé le lac de Pérolles, ayant 2 500 m. de long, au fond duquel des alluvions ont commencé immédiatement à se déposer.

M. Ritter[1], décrivant la distribution des sédiments suivant les différentes zones de vitesse, écrit à la page 392 du tirage à part : « A l'amont du lac les graviers s'accumulèrent par couches successives formées pendant les fortes crues de la Sarine, car lors des étiages et des volumes moyens d'eau écoulée par la rivière, celle-ci est limpide et ne déplace ni limon, ni sable et encore

---

[1]) *Bull. de la Soc. Neuchâteloise des sciences nat.* Extrait du Tome XXX, année 1901 - 1902. G. Ritter : Observations et particularités techniques, géologiques et hydrologiques relatives à l'établissement du grand barrage de la Sarine à Fribourg, 1903.



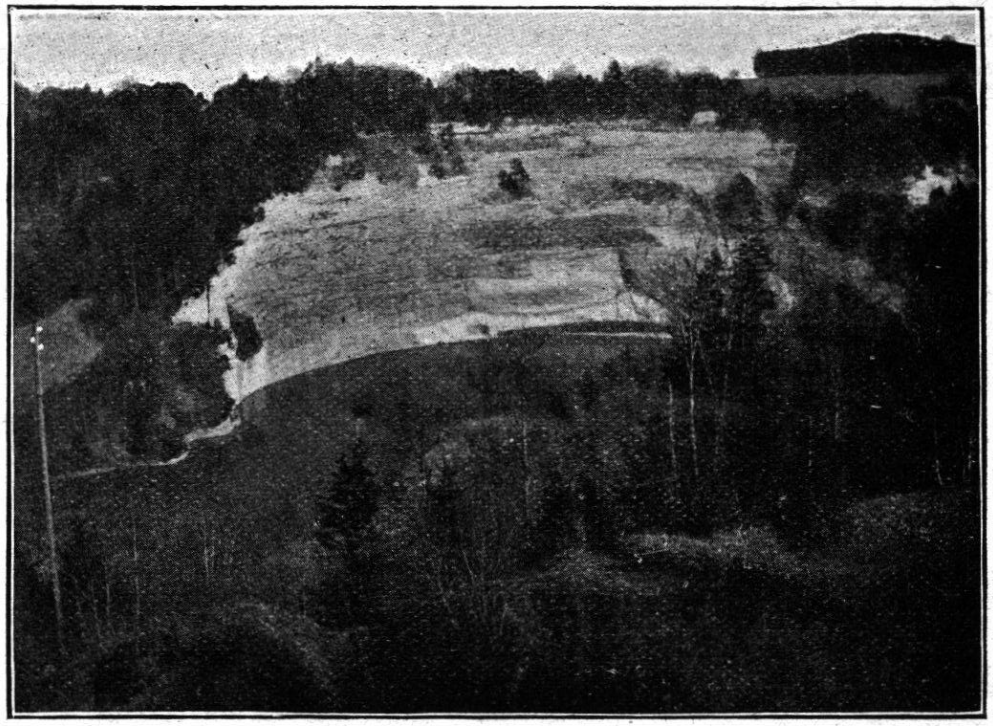


Fig. 9 et 10. Le « Barrage » et l'Emplacement (Partie Aval) de l'Ancien Lac de Pérolles.

Remarquer aussi ces deux formes curieuses au bas de la paroi molassique. — Ces deux parties du méandre restent aussi parmi les plus beaux exemples d'une puissante érosion sur la droite qui en forçait l'évolution, opérant la disparition du lobe.

moins de graviers ; chaque zone de comblement a ses fortes crues et peut être figurée elle-même par un profil de répartition des matériaux étagés et talutés à peu près comme les représente le profil Fig. 15. (Ce profil accompagne ce travail de M. Ritter, voir note page 114.)

Gros gravier résistant le mieux au courant ;

Gravier moyen faisant suite au précédent ;

Graviers fins et gros sables succédant à la deuxième couche ;

Sables menus terminant superficiellement le comblement dû à la crue.

A cette masse transportée par la forte crue en succédait une seconde, puis une troisième et ainsi de suite, si bien qu'aujourd'hui, sur 400 à 500 m. de longueur, la vallée est entièrement remblayée à l'amont du lac par des amas de graviers successifs étagés comme triage, depuis les gros et moyens cailloux aux menus graviers, (comme l'indique le profil Fig. 15).

Voilà pour le côté amont du lac. Pour le reste du lac aucun gravier n'y arrivait faute de vitesse d'entraînement suffisante, mais en revanche, des masses de sables ténus et de limons l'envahissaient de plus en plus et finirent, après une quinzaine d'années de le combler entièrement. »

M. Ritter en tire entr'autres une conclusion très intéressante, disant qu'on peut d'après ces phénomènes se faire une idée approximative du temps qu'il a fallu à un cours d'eau pour combler certaines plaines d'alluvions, par ex. de l'Orbe, de la Broye, du Seeland, des marais de Cressier et du Landeron...

Pour compléter ces courtes réflexions sur la force de transport de la Sarine il nous reste à ajouter que le lit en aval du barrage s'est abaissé environ de 1 m. 50 et pour cette raison le zéro du limnimètre du pont de St Jean a dû subir la même descente[1].

---

[1]) Actuellement, juin 1909, l'Entreprise de Thusy - Hauterive est en train de terminer d'autres importants travaux hydrauliques. En amont du pont de Thusy on doit construire un barrage réservoir d'une

§ 2 Le travail de la Sarine.

Nous avons dirigé notre effort principal sur l'observation et la constatation des faits qui sont en rapport direct avec le mode de travail actuellement employé par la Sarine pour le creusement de ses méandres encaissés. En constatant ces phénomènes nous tâcherons de les interpréter dans leur formation autant que le permet l'état actuel des résultats acquis et suivant nos observations personnelles.

C'est au-dessous du filet le plus rapide du courant que se trouve la partie la plus profonde du lit de la Sarine. A cause des méandres ce filet se rapproche ou d'une rive, ou de l'autre en décrivant des courbes plus prononcées que les rives elles-mêmes[1]. A la rencontre des rives nous croyons avoir constaté que le courant a des points de contact que nous appellerions volontiers «*par glissement*», car l'angle d'incidence et l'angle de réflexion sont identiques et très aigus, mais ici le travail opéré est naturellement faible[2] et le nombre de ces points d'attaque par *glissement* est prédominant sur la rive gauche.

---

longueur de 8 km. sur une largeur de 1 km. $^1/_2$. Ce barrage pourra contenir environ cent millions (100 000 000) de m^3.

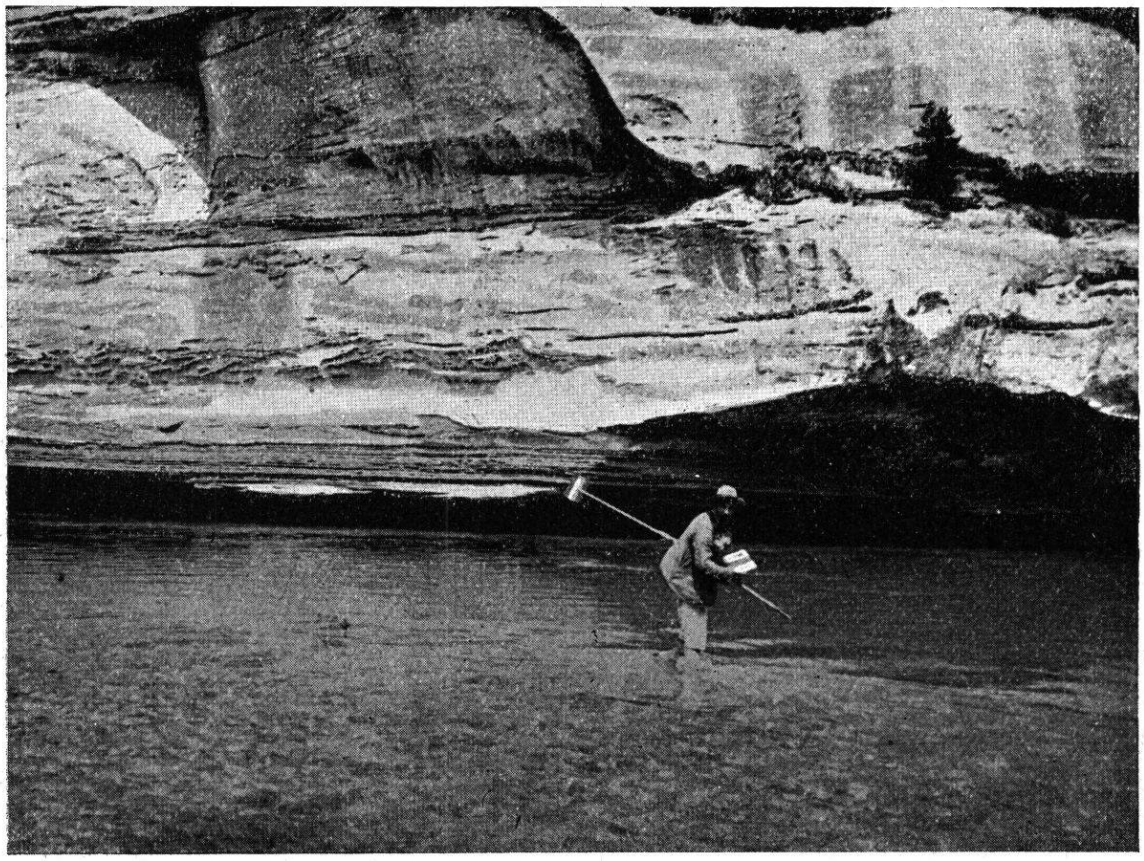
A Fribourg on a coupé le pédoncule du lobe de Montorge par le tunnel de l'Oelberg qui malgré sa faible longueur de 300 m. donnera une chute d'eau de 20 m. grâce à la surélévation du barrage déjà existant. Cette chute aura une force maxima de 6000 HP.

[1]) L'allure de ce filet est naturellement très variable soit après une crue, soit même en raison de la quantité d'eau qui alimente le courant; parfois il est facilement dévié par un éboulement..., nous avons choisi pour l'observer une période de basses eaux.

[2]) Voir P. Girardin: Sur l'allure rectiligne des rives dans les cours d'eau à méandres encaissés, les torrents glaciaires et les lacs de montagnes, in *Annales de géog.* 15 mai 1908.

L'auteur avait déjà pris connaissance, non seulement de la note à l'Académie des sciences, mais aussi de tout notre travail; toutefois il interprète ces phénomènes d'une façon différente de la nôtre.

Les autres points pourraient être définis : points de « *renvoi* » après attaque du courant. Ceux-ci coïncident la plupart du temps avec les parois rocheuses qui sont directement liées au phénomène de l'agrandissement des méandres. Et alors ces parois se présentent en forme d'arc de ce cercle plus ou moins ouvert, plus nombreuses sur la rive droite, fait confirmé par les observations notées sur tout le cours à méandres de la Sarine. Cependant



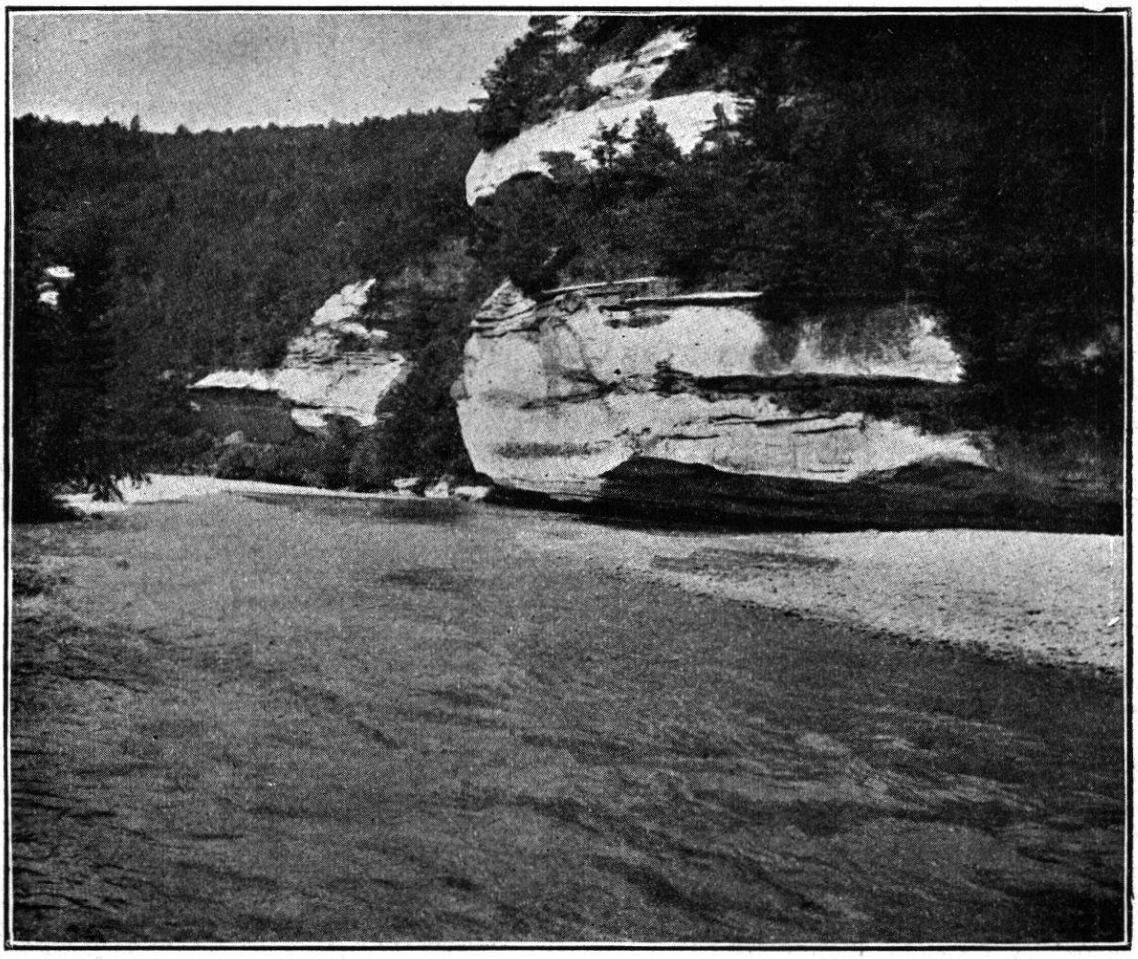
(Phot. C. Calciati).

Fig. 11. Eperon Molassique Surplombant
coté 655 m., (Rive gauche), miné par l'érosion du courant.

il existe aussi une forme d'érosion analogue sur la rive gauche et ce sont ces éperons rocheux, s'il est permis de les appeler ainsi, d'étendue très limitée, qui, bien que attaqués par le courant d'une façon aussi directe que les grandes parois de droite, repoussent le courant presque immédiatement comme s'il avait épuisé très vite sur place la majeure partie de son énergie. Contre les parois de

droite au contraire, le courant s'acharne plus longtemps et suit la paroi pendant un certain trajet, de manière que le sommet de l'angle d'incidence et le sommet de l'angle de réflexion se trouvent séparés par une distance qui peut être de 100 et 400 mètres décrivant une courbe. (Voir levé topographique.)

Je dirais encore plus ; l'examen attentif du levé nous porte à croire que les éperons de gauche sont l'objet d'une



(Phot. C. Calciati).

Fig. 12. Eperon de Gauche

en face de la boucle III, pris depuis l'aval. (Remarquer la grève).

érosion relativement très faible, à mesure qu'avance le travail de démolition dans les parois de droite et que conséquemment tout le cours de la Sarine se déplace vers la droite, abandonnant en partie le travail déjà commencé autour des éperons de gauche.

En effet qu'on examine le levé et l'on trouvera qu'un

phénomène analogue est arrivé au méandre I et aux éperons cotés 655, 635, 640 (rive gauche) bien que dans deux conditions différentes, c'est-à-dire que le courant a abandonné les parties latérales et extérieures du rocher qu'il érodait auparavant, y déposant des grèves.

Comme preuve d'un travail intense nous tenons à noter l'existence dans les deux cas d'une poche plus ou moins profonde au pied de ces falaises molassiques.

D'après les observations que nous avons pu faire par transparence à travers l'eau[1], et surtout en visitant les

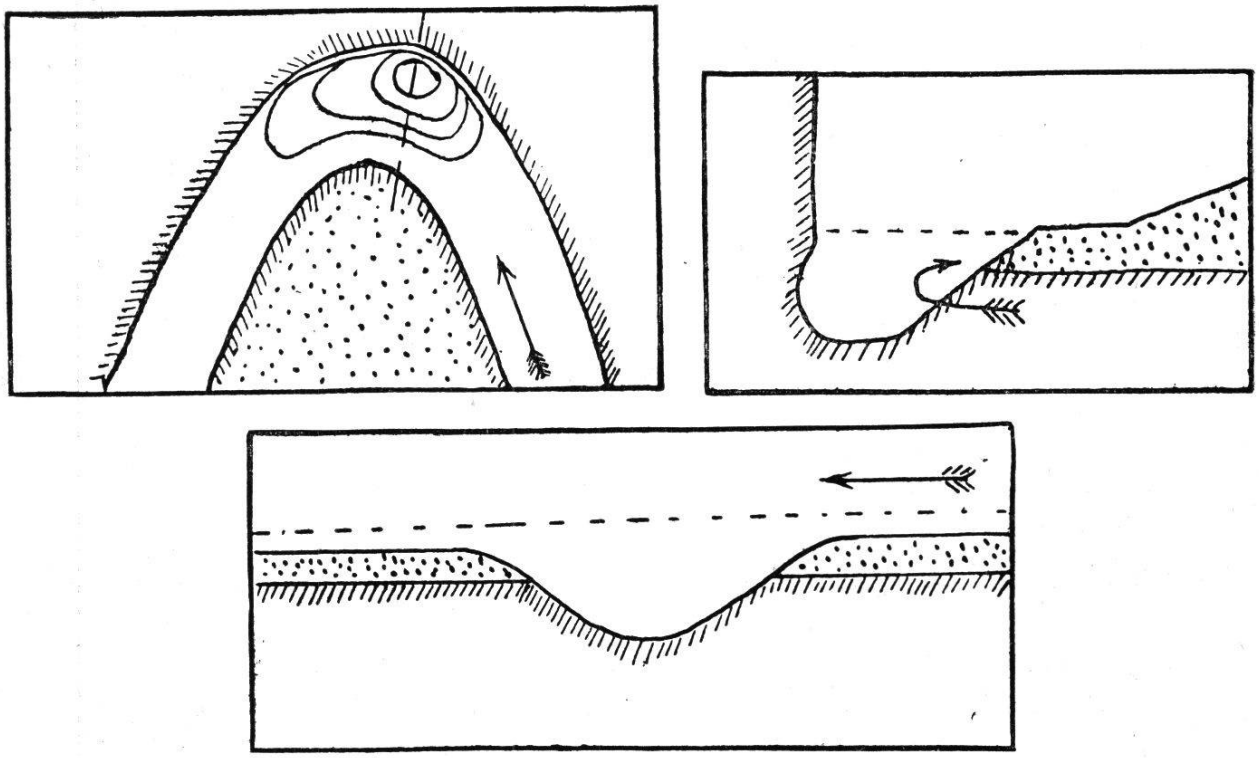


Fig. 13. Croquis Schématiques des Poches en plan transversal et en coupe longitudinale.

travaux de creusement dans l'ancien lit de la Sarine derrière le quartier de Pérolles et le Pont Neuf, travaux faits par l'Entreprise Thusy-Hauterive, nous croyons que la plupart du temps ces poches profondes existent un peu en

---

[1]) J'adresse ici mes meilleurs remerciements à MM. R. de Boccard et E. Hogg pour avoir bien voulu m'inviter sur leur bateau de pêche à descendre la Sarine, m'offrant ainsi plusieurs fois d'agréables occasions d'en étudier le courant dans son détail.

amont du sommet de la courbure ou du milieu de la paroi molassique des méandres de la Sarine.

Ces poches sont creusées dans la molasse par la *tactique des tourbillons*, c'est-à-dire par un ensemble de marmites dont les parois de séparation arriveraient à se détruire. Une de ces poches mise à découvert au débouché du tunnel de l'Oelberg laissait voir de magnifiques marmites surtout dans sa partie d'amont ; elle avait comme dimensions environ 12 — 15 m. de long sur 5 — 6 de profondeur ; la partie d'aval remontait jusqu'au niveau du lit par une pente faible.

Notons aussi un fait fréquent : la partie des grandes parois concaves qui se trouvent encore en contact avec la surface de l'eau est d'allure ondulée à festonnements symétriques et réguliers.

Bien qu'il ne soit pas encore connu d'une manière certaine comment l'eau agit pour creuser ces poches je crois pouvoir affirmer que c'est par l'action tourbillonnaire.

Pour mon compte je regarde ces formes comme étant une cause et une conséquence en même temps strictement liée à la formation et à l'agrandissement des méandres et je les explique au point de vue de leur travail de la façon suivante :

Rappelons-nous d'abord la distribution verticale et horizontale des différentes vitesses des filets d'eau dans un cours d'eau supposé rectiligne. Le filet de plus grande vitesse se trouvera au milieu et très près de la surface, tandis que les vitesses des autres filets iront en diminuant de chaque côté et de haut en bas, à cause du frottement contre les rives et sur le fond.

Supposons maintenant qu'au moyen d'un barrage nous ayons réussi à arrêter ce courant tout d'un coup et pour un instant ; observons l'allure des filets d'eau.

Le filet le plus rapide arrivera le premier et ira de toute sa vitesse se briser contre le barrage.

Tout naturellement ce filet sera immédiatement entraîné par la loi de la pesanteur et dès lors nous aurons un

mouvement tourbillonnaire de haut en bas qui opérera son action érosive, soit contre le barrage, soit sur le fond.

Maintenant si nous supposions au même courant le même barrage non pas perpendiculairement mais en biais, nous approcherions du cas dans lequel se trouvent les parois molassiques. Alors naturellement le tourbillon se produira encore, mais dévié par le côté qui lui laisse une issue, il prendra la forme d'un pas de vis ou d'un tire-bouchon placé horizontalement et retenu par le reste du courant qui survient, il suivra la paroi jusqu'à ce qu'il ait épuisé toute sa force vive et la quittera un peu plus loin en aval.

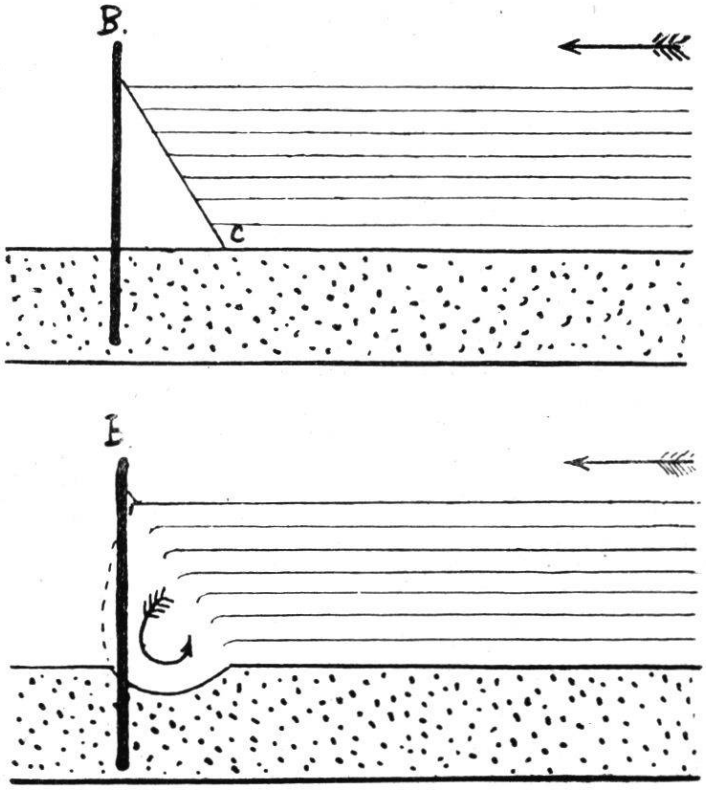


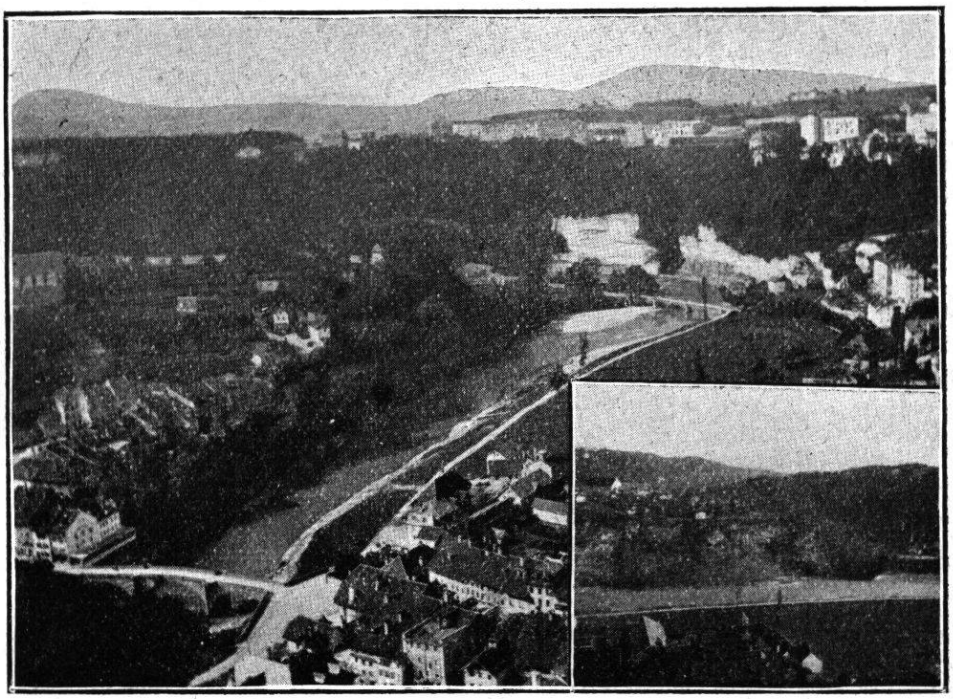
Fig. 14. Schémas de la distribution verticale de la vitesse des filets d'eau arrivant sur un barrage B., et de la formation d'un mouvement tourbillonnaire.

De cette façon se trouveraient expliqués tous les faits constatés : l'emplacement de la poche vers l'amont, car c'est au premier point d'attaque que le courant a le plus de force ; et l'allure ondulée de la paroi par le pas de vis du courant.

Malheureusement les parois concaves ne sont pas les

seules à présenter ces ondulations ; il y a aussi certaines parois d'allure rectiligne qui se trouvent dans le même cas et ces parois d'allure rectiligne sont également prédominantes sur la rive droite.

Alors nous nous demandons pourquoi le courant s'acharne à suivre et à revenir sur ces parois au lieu de les quitter immédiatement comme il fait pour la rive gauche et nous sommes portés à expliquer ce phénomène par l'influence composée de la rotation terrestre, manquant d'autres explications, comme nous le verrons dans la suite.



(Phot. C. Calciati).

Fig. 15. Paroi du Sonnenberg a Fribourg présentant deux ondulations très sensibles sur sa rive droite.

En réalité ces phénomènes sont beaucoup plus complexes et difficiles à discerner ; quant à notre interprétation, elle résulte de la synthèse d'observations très minutieuses.

Je signale en passant des formes analogues aux chaudrons latéraux[1] derrière le quartier de Pérolles et plus

---

[1]) E. Fleury : déjà cité, note p. 89.

en aval de Fribourg, près du viaduc de Grandfey, dans la molasse, au niveau des basses eaux, sur la rive gauche.

De plus, outre chaque méandre ou coude du courant en relation avec la zone de raccordement des deux courbures inverses, le lit se relève et s'étale en produisant une espèce de palier ou bief plus ou moins élevé qui coupe diagonalement le lit et occasionne un véritable rapide, tout comme si le courant ayant épuisé sa force de creusement, avait besoin d'une sorte de repos pour se ramasser et reprendre à nouveau son travail un peu plus loin[1].

---

[1]) Ce travail était déjà écrit lorsque j'ai voulu parcourir le volume de Mr L. FARGUE, inspecteur général des ponts et chaussées : *Hydraulique fluviale. La forme du lit des rivières à fond mobile.* Gauthier - Villars, Paris, 1908.

Les études d'amélioration de la navigabilité des rivières ne font pas partie de notre sujet, mais nous sommes heureux de pouvoir affirmer que nous sentons combien nos impressions et nos observations à propos de la Sarine se sont trouvées être relativement les mêmes pour les principaux points exposés dans le magnifique travail de M. Fargue. Nous sommes par exemple tout-à-fait d'accord sur les points suivants : p. 13 - 14 il existe une relation entre le chenal et le plan ; p 20 - 21, 1o le maigre correspond au point d'inflexion ou de surflexion ; 2o la mouille correspond au sommet, 3o la mouille est d'autant plus profonde que la courbure du sommet est prononcée. Mais, parlant de ces trois relations fondamentales et déjà connues en hydraulogie, M. Fargue arrive logiquement à un résultat très intéressant, c'est-à-dire que le meilleur tracé d'une rivière navigable sera curviligne, et il calcule ainsi les courbes des courbures qui lui donneront le lit le plus régulièrement profond. Nous nous permettons de reproduire ici le « résumé » de M. Fargue à la p. 33 du même livre ; il facilitera la compréhension de notre travail. Nous affirmons nous-mêmes que les mêmes faits se vérifient dans le cours de la Sarine, autant que le permettent les conditions naturelles très différentes dans les deux cas.

« L'observation des faits, dans le cas particulier de la Garonne, dans le département de la Gironde, établit en résumé qu'il existe une relation entre la configuration du lit moyen et la profondeur du chenal navigable. Cette relation s'explique par les six lois empiriques suivantes :

1o Le maigre et la mouille sont respectivement reportés en aval du point d'inflexion et du sommet. *Loi de l'écart ;*

§ 3 Erosion fluviale et érosion glaciaire à propos de la Sarine.

Pour en finir avec la série d'observations générales sur la vallée de la Sarine, il se présente encore à l'esprit un chapitre qui trouve naturellement sa place ici.

C'est l'étude comparative des deux formes d'érosion fluviale et glaciaire, si bien reprises, sous une forme nou-

---

2° La mouille est d'autant plus profonde que la courbure au sommet est plus prononcée. *Loi de la mouille;*

3° Dans l'intérêt de la profondeur tant maximum que moyenne, la courbe ne doit être ni trop courte, ni trop développée. *Loi du développement;*

4° A longueur égale, la profondeur moyenne d'un bief est d'autant plus grande que les deux tangentes extrêmes de la courbe forment un angle extérieur plus ouvert. *Loi de l'angle;*

5° Le profil en long du chenal ne présente de régularité qu'autant que la courbure varie d'une manière graduelle. Tout changement brusque de courbure, occasionne un changement brusque de la profondeur. *Loi de la continuité;*

6° Si la courbure varie d'une manière continue, l'inclinaison de la tangente à la courbe des courbures détermine la pente du fond du chenal. *Loi de la pente du fond.* »

Toujours par rapport à la même question, voir : M. R. TAVERNIER, Considérations théoriques sur les jaugeages des cours d'eau à fond mobile, in *Direction de l'Agriculture — Annales — Direction de l'Hydraulique et des améliorations agricoles*. Fasc. 32. *Service d'étude des grandes forces hydrauliques (Régions des Alpes)*, Tome I, Paris, Impr. Nationale 1905, spécialement aux pages 169 - 175. Mr Tavernier expose les deux hypothèses suivantes énoncées par de nombreux ingénieurs : 1° La sinusoïde du lit se déplace vers l'aval en conservant la même forme caractérisée par les deux éléments essentiels : l'amplitude et la longueur d'onde. Ce phénomène est désigné par les expressions de « cheminement ou translation des formes » ; 2° Les seuils et fosses ne se déplacent pas ou presque pas en plan, mais leur relief s'atténue ou s'amplifie tour à tour suivant l'état des eaux.

Nous sommes d'accord, comme en général tous les géographes, avec Mr Tavernier, pour croire que la 2me hypothèse est sans aucun doute la plus semblable.

velle et si bien illustrée par M. Jean Brunhes, dans ses dernières notes à l'Académie des sciences[1], ses dernières conférences et publications[2].

Peu de temps après que les glaciologues se furent intéressés aux glaciers, ils leur attribuaient un rôle protecteur par excellence. Puis on voulut les comparer à un fleuve qui coulerait très lentement mais continuellement, et, proportion de temps mise à part, on attribuait à la glace toutes les principales propriétés de l'eau.

Mais, il n'y a pas longtemps, on était arrivé à démontrer d'une façon magistrale que le *surcreusement* pouvait être attribué dans sa plus grande partie à la glace elle-même. (Penck)

Maintenant au contraire, grâce aux théories de M. Jean Brunhes, on est porté à croire que la glace et l'eau sous-glaciaire travaillent ensemble quoique selon un procédé bien différent de celui qu'on avait cru jusqu'à présent. L'eau creuse d'abord *des deux côtés* de la vallée et le glacier achève le travail, mais la plus grande part du travail opéré reviendrait à l'eau sous-glaciaire.

Je ne vais pas m'étendre ici sur la question des deux sortes d'érosion, car on fournirait un travail considérable si l'on se proposait de résumer tout ce qui a été écrit à ce sujet.

Je me bornerai donc à résumer les idées nouvelles qui supposent la connaissance exacte des caractères distinctifs entre les deux espèces d'érosion, et qui portent principalement sur des phénomènes spéciaux et bien localisés où souvent les marques du travail de l'eau et de la glace se trouvent ensemble et se confondent.

Considérons d'abord les quatre faits suivants :

1° Forme en V ou en U de la coupe de la vallée,

---

[1]) J. Brunhes : *Sur les contradictions de l'érosion glaciaire,* note du 18 mai 1906. — *Sur une explication nouvelle du surcreusement glaciaire,* 5 juin 1906.

[2]) J. Brunhes : Erosion fluviale ; érosion glaciaire, in *Revue de géographie annuelle,* T. I, 1906 - 1907, C. Delagrave, Paris.

2° Concordance des niveaux de base et gradins de confluence,

3° Paliers et biefs transversaux,

4° Courbes fermées.

Ces quatre ordres de faits ont eu, pendant un certain temps leurs correspondants dans les deux érosions qui ne pouvaient pas être confondues ; aujourd'hui ces divers phénomènes, considérés surtout dans le travail de la Sarine, ne se distinguent plus absolument les uns des autres et ne fournissent que des termes de rapprochement entre l'érosion fluviale et l'érosion glaciaire.

En effet : 1° au lieu du profil en V carctérisant la vallée fluviale, nous avons dans la Sarine le profil en U à bords très redressés comme dans les trogs glaciaires.

2° la concordance des niveaux de confluence dans ce cañon à méandres de la Sarine n'existe pour ainsi dire, que par exception. Les nombreuses vallées suspendues sur les parois concaves et ailleurs le long des rives confirment ce fait d'une façon évidente. Le travail d'approfondissement de la Sarine s'opère si rapidement que si l'on enlevait l'eau on pourrait encore voir que ses affluents principaux, Singine, Gérine, Glâne... ont leur niveau de base un peu supérieur à celui du lit de la Sarine, caractère qui a son équivalent dans l'érosion glaciaire.

3° on sait également que les barres et les paliers successifs à travers une vallée caractérisent spécialement le procédé du surcreusement glaciaire ; cependant le lit de la Sarine se subdivise en une certaine série de ces biefs qui la traversent d'une rive à l'autre offrant un gué aux basses eaux, à l'endroit de leur emplacement, alors qu'il est impossible ailleurs de franchir le cours d'eau.

4° la caractéristique glaciaire des courbes fermées y est représentée dans des formes indubitables, soit par ces poches profondes que nous avons déjà décrites, *surcreusées* au pied de chaque paroi, soit même par ces parties plus profondes du lit, prises entre deux paliers.

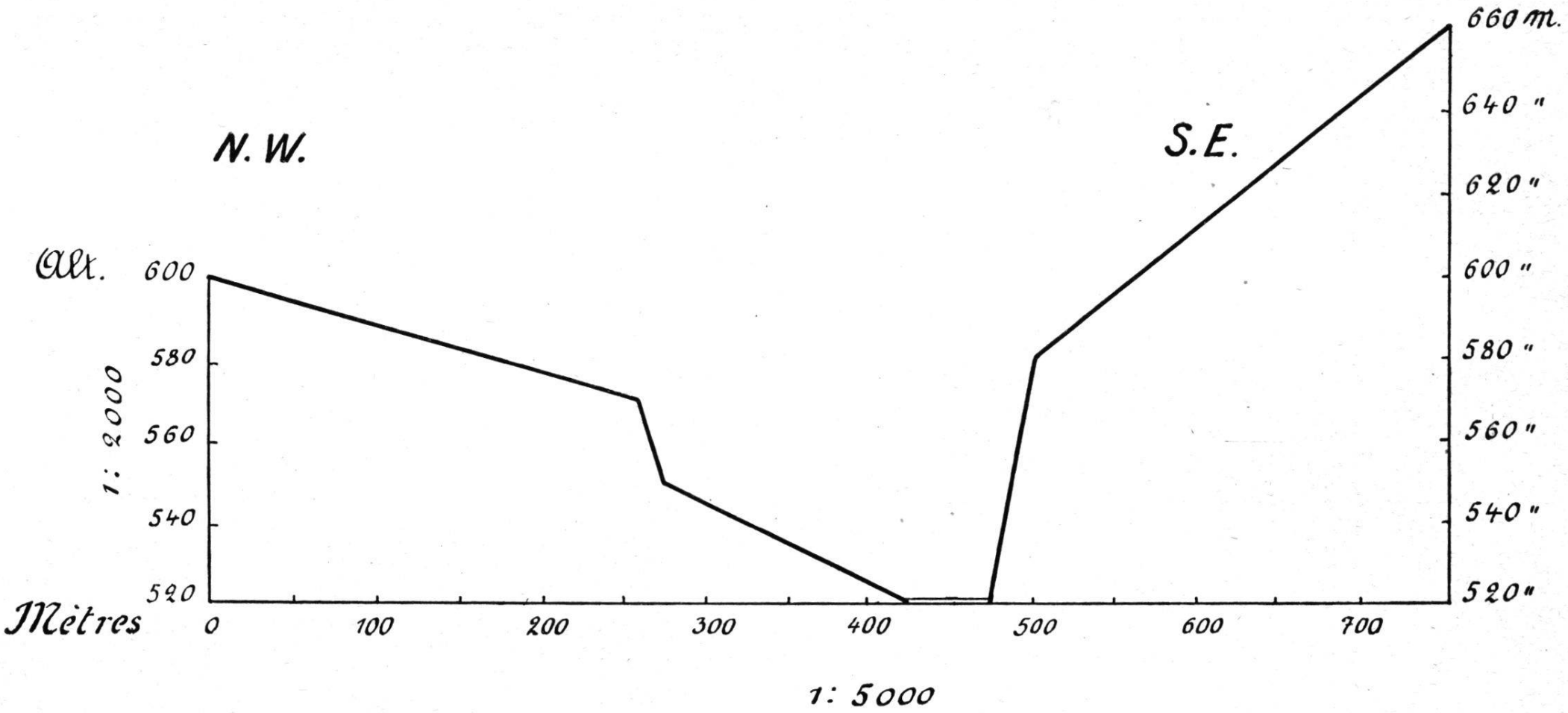


Fig. 16. Coupe Transversale de la Vallée de la Sarine

« Grandfey — Kastelberg », où apparaît le profil en V (d'après le plan de Fribourg au 1 : 5000).

De plus, certaines îles ou grèves respectées au beau milieu du cours, ne seraient-elles pas en quelque sorte comparables aux bosses glaciaires ?

Pour illustrer ce même sujet j'ai eu l'occasion de construire, sous la direction de M. Jean Brunhes, des moulages à la cérésine de quelques formes d'érosion torrentielle en miniature et de les exprimer ensuite topographiquement par des courbes de niveau[1]. Nous avons obtenu, M. J. Brunhes et moi, des courbes fermées, pour ne parler ici que de ce caractère, comparables dans leur ensemble à des effets de l'érosion glaciaire.

Quand on fait cette comparaison morphologique on sent comment les deux agents en question semblent en quelque sorte employer un même procédé d'érosion, puisque nous venons de voir combien une jeune vallée fluviale et à caractères spéciaux ressemble à certaines vallées glaciaires. Toutefois nous nous demandons jusqu'à quel point et dans quelle mesure il nous sera permis de rapprocher et de confondre au moins les effets de l'érosion fluviale d'une part, et de l'autre ceux qu'on a jusqu'à présent appelés les effets de l'érosion glaciaires.

---

[1]) Voir la reproduction dans l'article de J. Brunhes : *Erosion fluviale; érosion glaciaire,* p. 286-287. (déjà cité p. 126).

§ 4 Commentaire du levé topographiquc.

La petite carte qui accompagne ce travail est un levé topographique à l'échelle du 10 000me, exécuté à la règle à éclimètre, en juillet 1907. Elle reproduit trois méandres à forme de *boucles,* parmi les plus caractéristiques du cours de la *Sarine.* Ces *boucles* se trouvent exactement en amont du pont d'Hauterive jusqu'aux environs d'Illens. Le levé, absolument personnel en ce qui concerne la partie basse de la vallée, est toujours basé sur les différentes cotes données par la carte au 25 000me de l'Atlas Siegfried, feuille de Matran No 344, éditée par le Bureau topographique fédéral suisse à Berne.

Laissant de côté les cotes du Plateau, je n'ai utilisé que les 25 qui se trouvent dans la vallée comme points de repère pour le calcul à la règle à éclimètre de mes 41 points, ce qui fera un total de 66 points, presque tous sur la rivière même. A ceux-ci il faut ajouter les points purement planimétriques qui dépassent le nombre de 120 et ont servi au tracé exact des rives et des grèves.

De plus les courbes de niveau du haut des rives et de la petite partie du plateau environnant sont indiquées par « remplissage » d'après la même carte. Néanmoins pour éviter tout malentendu, je me hâte de dire que si par places j'ai ajouté, sans avoir fait de mesures précises, quelques courbes intercalaires, je l'ai cependant fait sur le terrain même, mais seulement là où je l'ai jugé nécessaire, pour mieux faire ressortir le détail d'une petite éminence, qui peut être rendue par l'échelle du 10 000me mais qui disparaît au 25 000me. D'ailleurs je publie en même temps, muni de l'autorisation, un extrait de la carte topographique fédérale, certain que les deux se complètent l'une l'autre[1].

---

[1]) De même, comme carte d'ensemble, voir ci-joint une partie de la carte Dufour au 1 : 100 000 de la feuille IV ; partie concernant les environs de Fribourg et la région de nos méandres.

Je ferai remarquer que l'équidistance de 5 m., et la représentation d'une foule d'autres détails qu'on voit sur le terrain, n'auraient trouvé leur place que sur un levé au 5 000me à cause de la raideur de pente des rives. Cependant j'ai estimé ces détails, d'ailleurs intéressants par certains côtés, superflus pour la démonstration des phénomènes qui forment l'objet de ce travail. En somme je pense que l'échelle du 10 000me est bien suffisante pour représenter un ensemble topographique, relativement petit, comme c'est le cas pour ces trois boucles de la Sarine ; mais elle ne suffit plus si l'on veut reproduire certains petits phénomènes d'érosion par les eaux courantes.

Les difficultés que la Sarine offre à être topographiée à petite échelle ne doivent pas être négligées. Le bois en constitue la principale ; il empêche la visibilité de la mire, dès qu'on l'éloigne des bords de l'eau ou bien qu'on la transporte sur les bords supérieurs des parois à pic ou surplombantes. Celles-ci sont constamment boisées et le porte-mire ne peut généralement pas, à cause du danger s'avancer suffisament pour être vu de l'opérateur qui se trouve en bas au bord de la rivière.

Ces mêmes à pics obligent encore à faire des détours considérables pour les déplacements des points, ou pour la recherche d'un gué praticable sur la rivière.

A ce propos je dois dire que, par un hasard étrange, le pont de la Tuffière a été justement fermé pendant l'exécution de la seconde partie de mon levé topographique. Un éboulement produit le matin du 12 juillet, sur la rive gauche, en avait rendu le passage dangereux.

Ces explications fournies, jetons un coup d'oeil sur les deux cartes, celle au 25 000me du Bureau topographique fédéral et celle au 10 000me, afin d'établir entre elles une courte comparaison.

Il ne faut pas longtemps pour s'apercevoir qu'elles se ressemblent assez (la seconde étant basée sur la justesse d'ensemble de la première) mais que le détail de la rivière elle-même y offre des différences considérables.

Et tout d'abord l'activité du travail, jeune encore, de la Sarine n'est pas rendu, par la carte au 25 000me, tandis qu'on en a une impression plus exacte et saisissante sur celle au 10 000me.

Je m'empresse de dire qu'il ne faut cependant pas attribuer toutes les différences seulement à l'échelle du 25 000me, encore moins au manque de soins apporté à l'exécution de la carte fédérale.

N'oublions pas que la Sarine a une pente qui lui permet de travailler continuellement et qu'elle peut changer totalement son lit après une crue violente. De plus, l'établissement du Barrage de Fribourg et nombre d'autres travaux de rectification, comme nous l'avons déjà vu, ont beaucoup contribué à certains changements du régime, du travail et de ses effets, dans le cours actuel de la Sarine.

Si l'on mesure en ligne droite la longueur du tronçon de la Sarine, depuis son point d'entrée au Sud, dans la carte au 10 000me, jusqu'au point de sortie au Nord, on trouve une distance réelle de 4 km. 200 m. tandis que le même parcours mesuré sur la rivière au milieu du lit actuel donne une longueur de 10 km. environ. J'ajoute que le filet le plus rapide parcourt entre les mêmes points un trajet de 11 km., soit le 10 % d'accroissement de parcours. La différence de niveau entre les deux extrémités est de 40 m. ce qui donnerait 4 m. pour 1 km. de pente.

Les trois boucles reproduites se trouvent en amont du village de Hauterive qui est à 6 km. de la ville de Fribourg. Elles sont entièrement creusées dans le grès molassique marin qui est une roche homogène, étalée en bancs horizontaux offrant une résistance à l'érosion fluviale supérieure à la moyenne et supportant très bien les à-pics et les surplombs. Je rends d'abord le lecteur attentif à ce commentaire du levé topographique car nous avons été obligés d'adopter des modes de représentation qui ne sont pas classés au nombre des signes conventionnels de la topographie.

En effet, l'examen du levé permet de voir combien ces surplombs sont fréquents et par les photographies on peut se représenter leurs caractères.

J'ai essayé de figurer ces surplombs de la manière suivante : je cesse de signaler le filet le plus rapide du cours d'eau dès l'endroit où il passe sous la partie

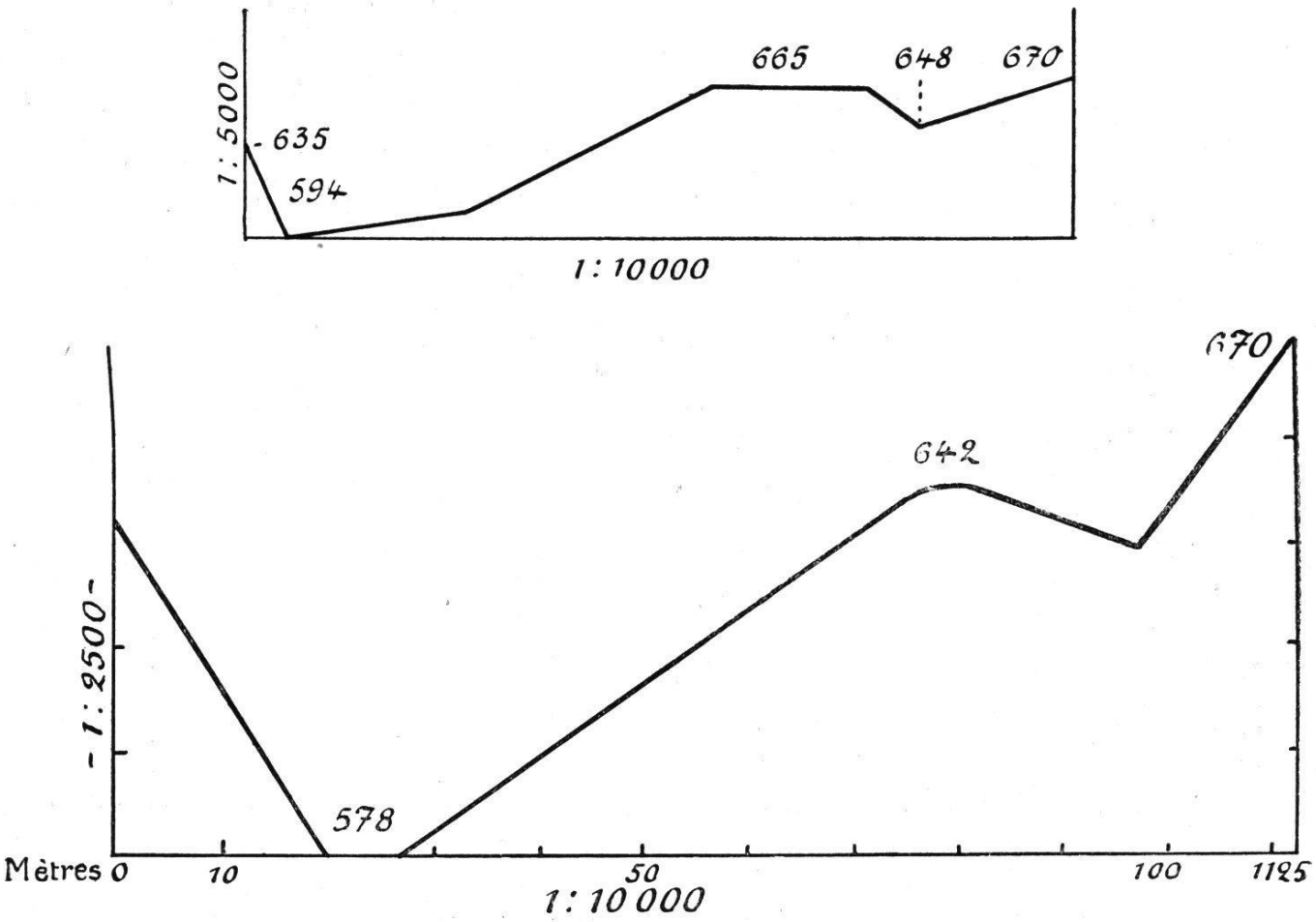


Fig. 17 et 18. Profils des Boucles I et III
(Voir levé topographique) montrant le commencement de la coupure du pédoncule.

des parois qui surplombent et je le représente à nouveau à sa sortie. La figuration des surplombs est légèrement exagérée, mais elle montre assez bien sous quel angle un observateur verrait depuis un point perpendiculaire et très élevé, le lit de la rivière et les parois surplombantes.

Pour démontrer la fréquence des éboulements, j'ai tâché de représenter jusqu'aux blocs relativements petits qui

se trouvaient au milieu du courant, à l'époque pendant laquelle le levé a été fait.

D'après la reconstitution approximative sur le papier transparent d'un tracé d'un des anciens cours de la Sarine, quand elle coulait à un niveau un peu supérieur à son niveau actuel, on peut se rendre compte d'une manière suffisament nette de l'agrandissement progressif des méandres, mais surtout du déplacement général du cours de gauche à droite et de la migration, d'ailleurs encore très faible, de l'amont vers l'aval, sans oublier cependant, que entre un cours et l'autre la Sarine a pu passer par tous les intermédiaires possibles. Sur la même feuille sont indiqués les coupes ou profils transversaux avec le numéro correspondant dans le texte et sur la coupe exécutée à part.

Les profils des boucles I et III, ci-dessus sont destinés à démontrer le plus nettement possible, outre l'allure ordinaire des méandres, (paroi concave à pente très raide et

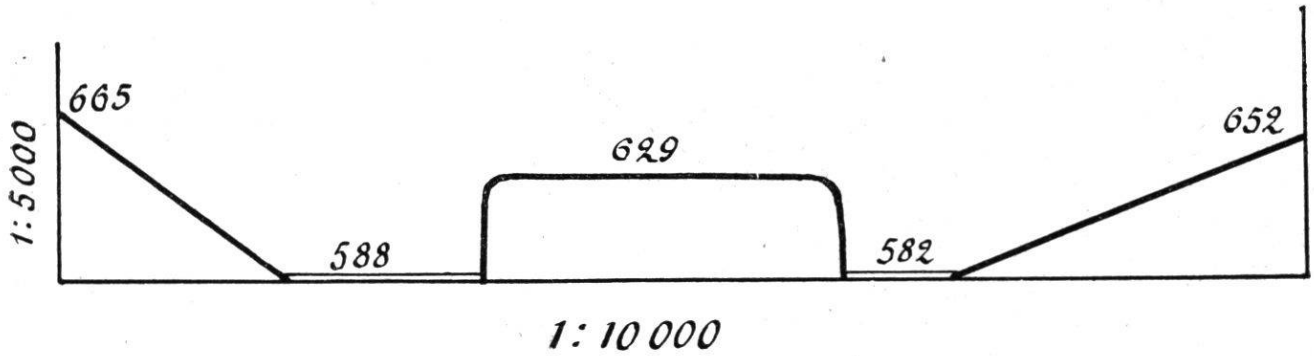


Fig. 19. Coupe Transversale du Pédoncule de la Boucle II montrant la puissance de l'érosion sur la rive droite des deux côtés du lobe.

rive convexe très douce), l'abaissement de la ligne de faîte opéré par le travail de rapprochement des deux points du courant à l'emplacement du pédoncule du lobe, qui finira tôt ou tard par être coupé, donnant lieu à un cours abandonné en forme de cercle autour d'un îlot[1]. A l'époque

[1]) W. M. Davis: La Seine, la Meuse et la Moselle, in *Annales de géographie*, T. V, p. 25 - 49. Voir spécialement p. 29 la repro-

des grandes crues seulement, l'ancien cours pourra être utilisé à nouveau et servira peut-être plus tard à la formation d'une mare ou d'un petit lac.

La coupure du pédoncule est en même temps considérablement anticipée par la présence de deux petits ruisseaux temporaires qui opèrent leur érosion indépendemment de la Sarine, mais réglés par son niveau de base, pendant les pluies.

Par rapport au même phénomène nous devons porter notre attention sur les deux ruisseaux qui se sont installés entre la boucle II et III, lesquels, à cause du rapprochement des deux niveaux de base, travaillent comme des organes à part et qui, marchant accidentellement l'un à la rencontre de l'autre par leur tête, permettent à la ligne de faîte de subir un abaissement considérable n'ayant rien à faire avec l'étranglement d'une boucle.

Il est intéressant de constater un phénomène que pour le moment nous nous bornerons à signaler sans en rechercher l'explication.

Généralement après une boucle et plutôt sur la rive droite il se forme un rentrant de la rive à forme semi-circulaire. Il reste en activité ou se trouve occupé par une grève que recouvrent les eaux des crues, (voir en face de la localité « les Prés d'en bas » à la deuxième boucle, en aval du petit pont d'Hauterive et en aval du pont de la Maigrauge à Fribourg. (Voir le plan de Fribourg et la fig. 15.)

Celle de la boucle II est formée par un grand remous qu'on voit d'ailleurs fort bien, comme je l'ai représenté schématiquement.

---

duction topographique (Karte des Deutschen Reiches) d'un des plus beaux exemples de double recoupement, donné par la Moselle.

Voir L. Gallois : Excursion géographique interuniversitaire autour de Paris et dans le Morvan, in *Ann. de géog.* 1907, p. 405. Ce croquis intéresse : « le méandre abandonné de l'Yonne à Chevroche, près de Clamecy », que j'ai eu l'heureuse fortune de visiter, faisant partie de la dite excursion.

Pendant le mois de juillet 1907 la Sarine avait des eaux très basses, fait qui nous a permis de marquer par un pointillé de grève, ses biefs ou paliers qui traversent le lit et qui constituent, avec le phénomène précédent, un des caractères d'analogie avec l'érosion glaciaire, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Souvent nous nous sommes servis de ces biefs comme gués pour passer d'une rive à l'autre.

§ 5 Prédominance de l'érosion de la Sarine sur la rive droite.[1]

Ce dernier chapitre forme la suite naturelle du commentaire de la carte, (celle-ci en ayant été la principale inspiratrice) qui se présente comme preuve indiscutable non pas de l'interprétation, mais de la réelle existence des faits exposés.

Nous voulons uniquement noter ici les cinq groupes de faits qui se rapportent à ce sujet :

1° Les isthmes correspondant à chaque boucle de la Sarine tendent à s'amincir de plus en plus car de part et d'autre l'érosion s'efforce de couper ces pédoncules, *et cela parce que l'attaque maxima se produit des deux côtés sur la même rive, la rive droite. Cette localisation concentrée de l'attaque maxima explique même que les boucles prennent leur plus grand développement vers la gauche.* L'eau qui s'acharne contre la paroi droite est d'autant plus violemment renvoyée qu'elle attaque plus fortement et alors elle s'éloigne plus librement et tranquillement, dessinant vers la gauche une courbe harmonieuse, entre les rives qui la dominent moins ; souvent même les grèves s'alternent sur les deux bords et cette courbe vers la gauche avec l'extension des grandes boucles d'un cours d'eau vers la gauche, doit être considérée dans la réalité topographique et contrairement à la première impression, comme l'un des signes de l'érosion prédominante sur la rive droite[2].

---

[1]) Ce chapitre a déjà précédemment été l'objet d'une note à l'*Académie des sciences de Paris,* Voir : *De la prédominance de l'érosion de la Sarine sur sa rive droite,* Séance du lundi 17 février 1907, par J. Brunhes et C. Calciati, présentée par le très regretté A. de Lapparent.

[2]) Vidal de la Blache : *La France,* A page 64 : reproduction de la carte et d'une magnifique photographie montrant la Meuse à Fumay, qui décrit une boucle classique vers sa gauche, ou bien voir la même photographie à p. 420 du Traité de géographie physique de E. de Martonne.

2° Les parois à pic et souvent surplombantes sont moins fréquentes à gauche qu'à droite. A la boucle I (la plus méridionale) le cours d'eau a même abandonné, sans aucune raison actuelle, son ancienne rive gauche, pour revenir s'acharner contre la rive droite. Les éboulement se produisent plus fréquents sur la rive droite et ils sont tout de suite balayés et emportés, (par ex. à la Madeleine, en aval de Fribourg), tandis que les masses éboulées de la rive gauche (au pont de Grandfey par exemple) sont respectées par la rivière qu'elles repoussent au lieu de disparaître elles-mêmes.

3° Une forme curieuse d'hémicycle taillé dans la molasse, forme d'érosion petite mais très régulière, se reproduit souvent sur la rive droite, à l'aval du lobe développé de chaque méandre (voir aux boucles II et III).

4° Les grèves sont plus développées et plus nombreuses sur la rive gauche : même dans les courbes des portions concaves de la rive gauche il arrive souvent que la rive concave est bordée de grèves et que le chenal se porte vers la droite (voir boucles II et III).

5° Enfin si l'on considère l'ensemble de la topographie qui environne le cañon proprement dit, on constate que les pentes sont plus raides sur le versant droit que sur le versant gauche : le lit actuel de la Sarine est dans l'ensemble plus rapproché de la courbe de 700 m. sur la droite que sur la gauche. Cela se passe comme si la Sarine, même au fond de son lit si encaissé malgré les hautes parois de roche qui la maîtrisent et la limitent et en dépit des sinuosités de ses méandres, tendait à diriger son principal effort d'attaque et de direction du côté de son versant le plus élevé, le versant droit.

Et maintenant comment expliquer l'existence de ces faits ? Nous avons cherché dans la géologie de la région, mais vainement. Il faut donc nous adresser ailleurs !

MM. Bernard et Jean Brunhes[1] ont précédemment

---

[1]) Voir Bernard Brunhes et Jean Brunhes : Les analogies des tourbillons atmosphériques et des tourbillons des cours d'eau et la

repris sous une forme nouvelle la discussion de l'influence composée de la rotation terrestre sur les tourbillons et sur la direction des rivières. Il nous suffira de rapporter ici quelques lignes écrites dans les premières pages par les auteurs de l'article cité, pour voir clairement comment se pose la question : « Divers travaux récents ont, d'une part apporté des notions nouvelles sur le mécanisme de l'érosion fluviale, d'autre part agité à nouveau la question de la déviation des rivières vers leur droite.

« Cette question de la déviation des rivières à droite fut soulevée en 1859 et 1860, d'une façon indépendante, par Babinet à l'Académie des Sciences de Paris et par E. de Baer, à l'Académie de St Pétersbourg. Ces deux savants crurent remarquer et pouvoir affirmer qu'il y a dans l'hémisphère Nord une tendance des fleuves à incliner vers leur droite et ils eurent l'idée de rattacher cette tendance à la rotation terrestre.

« A leur suite plusieurs savants affirmèrent la réalité de cet effet, auquel on a pris l'habitude de donner le nom de « *loi de Baer* ». Parmi les nombreux travaux auxquels le sujet a donné lieu, et que l'on trouvera énumérés dans un court et très substanciel chapitre de l'excellente « Morphologie der Erdoberfläche » de Penck, nous citerons en particulier les études de Suess sur le Danube et celles de Baines et de Johnston sur les rivières, de la Nouvelle-Zélande et de l'Amérique du sud : les deux derniers auteurs ont cru observer sur les fleuves de l'hémisphère austral une tendance inverse à incliner sur leur gauche.

« Il s'en faut de beaucoup qu'on soit ici en présence d'une *loi* universellement acceptée. »

Et après avoir exposé comment, parmi les adversaires de cette loi il se trouvait des Géologues et des Géographes, ils écrivent plus loin : « Les autres adversaires de la

---

question de déviation des rivières vers la droite, in *Ann. de géogr.* T. XIII, janvier 1904.

« loi de Baer », sont des mathématiciens ou physiciens qui, évaluant l'intensité de la *force centrifuge composée* qui résulte d'un mouvement relatif de l'eau sur un globe en mouvement, la trouvèrent beaucoup trop faible pour pouvoir exercer aucune action appréciable. Les auteurs du mémoire précédemment signalé, MM. Marchand et Fabre, n'ont garde d'ailleurs de négliger cet ordre de considérations, et ils montrent qu'en tenant compte du frottement de l'eau sur le fond, les molécules d'eau du Gers, par exemple, ne seraient soumises, du fait du mouvement de la terre, qu'à une action déviante égale au millionième de celle de la pesanteur. »

Voilà comment se poserait la question en face de laquelle nous nous trouvons, quand nous voulons comprendre et expliquer la série des cinq faits que nous avons énumérés plus haut.

Beaucoup se montrent sceptiques au sujet de cette interprétation ; ils voudront pourtant rendre cette justice à la théorie qui se dégage de la loi de Baer, qu'elle explique au moins d'une façon très satisfaisante, tous les faits observés dans la Sarine, au point de vue de son érosion sur la rive droite.

Nous-mêmes quand nous avons entrepris cette étude, nous étions sceptiques à propos de l'influence composée de la rotation terrestre sur le travail des eaux, mais il nous a fallu nous rendre à l'évidence des faits, lesquels pour le moment resteraient absolument inexplicables autrement[1].

---

[1]) On sait que la dyssimétrie des rives de plusieurs fleuves de la Russie centrale et méridionale, qui résulte d'une plus grande érosion sur la rive droite, est expliquée par Köppen disant que ces fleuves opèrent leur plus grand travail pendant la période du printemps, époque pendant laquelle prédominent les vents de l'Est.

A ce propos, causant avec M. Woeikof, professeur de géographie à l'Université de St Pétersbourg, il m'a signalé qu'au moins deux fleuves de la Russie, la *Zna* et la *Soura,* font exception, ayant la rive droite basse et la rive gauche escarpée.

D'ailleurs le fait étant démontré que la terre tourne, la surface de la terre se trouve entraînée dans un mouvement qui fait parcourir aux régions que nous habitons environ 1000 Kilomètres à l'heure ; nous nous demandons s'il est possible que ce mouvement n'opère absolument aucune influence. Au contraire il nous paraît que ce soit bien la moindre des influences qu'une rotation aussi constante puisse exercer, que celle d'imprimer leur sens de rotation à deux phénomènes de nature aussi continuelle que les cyclones atmosphériques et l'écoulement des eaux.