

Travail d'un fleuve

Objekttyp: **Chapter**

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

Band (Jahr): **8 (1913-1919)**

Heft 2: **Contribution à l'étude du cours de la Sarine et de sa puissance d'alluvionnement**

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

CHAPITRE III.

Travail d'un fleuve.

Nous sommes maintenant en possession des éléments qui nous permettent de nous faire une idée exacte sur le travail d'un cours d'eau : sa force et sa vitesse.

Avant de passer à l'étude de ce travail, voyons comment on peut calculer l'énergie dépensée par un cours d'eau de façons diverses sur son lit, entre sa source et son embouchure.

La circulation de l'eau à la surface de la terre est continuelle. L'eau des mers évaporée forme les nuages ; ces derniers se condensent, poussés par les vents sur les montagnes, en neige ou en pluie. Le ruissellement, les ruisseaux, les rivières et enfin les fleuves ramènent à la mer le produit de ces condensations ; le même cycle recommence, et ainsi de suite. Ces transformations successives doivent obéir à la loi de la conservation de l'énergie ; en d'autres termes, le travail dépensé par l'élévation de l'eau des mers, doit se trouver récupéré pendant le retour des cours d'eaux vers la mer. Il l'est en effet, en grande partie ; mais il reste cependant aux fleuves une certaine force vive à leur embouchure.

Soit T le travail nécessaire pour élever l'eau, t le travail exercé par le fleuve pendant son cours, enfin t' l'énergie qui lui reste à la fin de son parcours. On a entre ces trois quantités la relation :

$$T = t + t' \quad \text{ou} \quad t = T - t'$$

cette dernière permettant de calculer le travail exercé par le cours d'eau. Le travail d'élévation de la vapeur d'eau est

égal au produit de la masse élevée par la hauteur à laquelle elle est portée :

$$T = h \cdot p.$$

D'après la formule de l'énergie cinétique :

$$E = \frac{1}{2} mv^2, \text{ comme } m = \frac{P}{g}$$

l'énergie restant au cours d'eau à son embouchure sera

$$t' = p \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Le travail exercé par le fleuve pendant son cours sera donc égal à la différence de ces deux travaux :

$$t = h \cdot p - p \cdot \frac{v^2}{2g} = p \left(h - \frac{v^2}{2g} \right). \quad (3)$$

Application pratique :

D'après cette formule, où h désigne la hauteur moyenne de chute du cours d'eau considéré, calculons, pour une rivière débitant à son embouchure 10 m^3 , le travail qu'elle effectue sur le pays qu'elle draine, si ce dernier possède une altitude moyenne de 700 m ., sa vitesse étant de deux mètres par seconde, ce qui correspond à 7200 m . à l'heure.

On a $t = 10 \cdot 1000 \cdot \left(700 - \frac{4}{19,6} \right) = 6.997.960$ kilogrammètres, ce qui donne en chevaux-vapeur : 93.306 HP .

Ce cas donne un résultat assez bien applicable à la Sarine, qui se trouve dans des conditions numériques de même ordre que celles qui ont été posées ici.

Comment s'exerce le travail d'un fleuve ? Telle est la question qui se pose maintenant.

Le fleuve travaille à niveler la contrée qu'il draine ; jeune, il établit d'abord, d'une façon plus ou moins parfaite suivant les roches constituant son lit, son profil d'équilibre. Il creuse presque exclusivement dans la direction verticale. Ainsi la Sarine est une rivière jeune ; sa puissance de travail est encore consacrée, en majeure partie, à approfondir son lit. Ce fait est frappant : de l'extrémité de l'Avenue de Pérolles, la Sarine ne laisse guère soupçonner l'entaille profonde qu'elle a creusée dans la molasse.

Le creusement en profondeur diminue d'importance, lorsque le profil d'équilibre de la rivière est grossièrement établi : l'élargissement du cañon primitif lui succède. Le sapement, les éboulements ensuite, élargissent l'entaille. Les deux rives, de perpendiculaires qu'elles étaient, s'inclinent de plus en plus, jusqu'à ce qu'elles atteignent une inclinaison variable avec la roche dont elles sont constituées : c'est ce que l'on appelle le talus d'équilibre. Ainsi, aux endroits où l'élargissement du cañon de la Sarine commence, sous ce qui reste de la falaise primitive, on trouve des talus d'inclinaison $\frac{2}{3}$ environ, ce qui correspond à 66,6⁰/₀, talus d'équilibre de la molasse.

L'action régressive des affluents s'exerçant d'une façon analogue, le réseau hydrographique d'une contrée ayant trouvé son équilibre travaille activement à le niveler, découpant le pays qu'il draine en compartiments qu'il use petit à petit.

Ajoutons à cette érosion hydraulique les érosions glaciaires, éoliennes, chimiques ou corrosives de l'eau, agissant encore mécaniquement par le gel, et l'on comprendra facilement que des régions montagneuses accidentées s'abaissent au cours des siècles et deviennent enfin des pénéplaines légèrement vallonnées, drainées par des fleuves lents et réguliers.

Nous venons de voir de quelle façon travaille un fleuve suivant son âge ; voyons maintenant comment il travaille. Le cours d'eau procède dans son travail d'érosion comme le mineur exploitant une mine : il désagrège les matériaux et les transporte ensuite vers son embouchure. Seulement le mineur se sert de la pioche et de la pelle, et le minerai est emporté dans une benne, tandis que le fleuve, mieux outillé, a un instrument de travail unique : l'eau courante qui use et transporte à la fois.

Bien plus, les matériaux transportés, cailloux et sable, servent au creusement ; en effet, au fond d'une marmite de géant bien conservée, on trouve souvent les galets qui ont servi à la creuser. M. Jean Brunhes a publié le résultat de

très intéressantes observations qu'il a faites sur les marmites creusées par la Sarine dans l'ancienne échelle à poisson de la Maigrauge ; de même les tourbillons chargés de sable agissent à la façon des scies circulaires, laissant après leur action des surfaces polies, concaves et régulières.

L'eau travaille donc par elle-même, et par les matériaux qu'elle transporte. En temps de crue, le débit, la vitesse et le charriage des cours d'eau peuvent augmenter d'une façon considérable ; aussi, pendant ces périodes, les cours d'eau travaillent-ils plus qu'en temps ordinaire.

Les produits de l'érosion ne restent pas sur place, ils sont entraînés par l'eau. Le cours d'eau dépose peu à peu, tôt ou tard, soit à une certaine distance en aval, soit plus loin encore vers son embouchure, les matières arrachées à son lit. En effet, désignons par f la force vive de la rivière, et par r la résistance des matériaux charriés ; entre ces deux quantités, nous pouvons avoir les relations :

$$f > r, \quad f = r, \quad \text{ou} \quad f < r.$$

Un cours d'eau doit alluvionner, au bout d'un parcours plus ou moins long ; supposons-le dans la situation la plus favorable, vers le commencement de la courbe représentant son profil d'équilibre, c'est-à-dire non loin de sa source. Nous avons $f > r$. Le cours d'eau possède alors un excès de force

$$F = f - r ; \text{ comme } f - r > 0.$$

Cet excès de force vive lui permet d'attaquer son lit plus fortement ; le charriage de la rivière augmente : r croît. Mais à mesure que le fleuve se rapproche de son embouchure, la pente décroît et f diminue. Il arrivera donc un moment où l'on aura $f = r$, condition correspondant à un état d'équilibre, où le fleuve se contente de transporter les matériaux qu'il roule sans ronger ses rives. Enfin, la pente diminuant encore, nous aurons bientôt $f < r$, et le fleuve commencera à déposer les substances qu'il transporte.

Ces considérations toutes théoriques ne s'appliquent naturellement qu'à un cours d'eau idéal, dont tous les filets d'eau couleraient à la même vitesse, supposition en

contradiction flagrante avec l'expérience, qui nous apprend l'existence d'un filet liquide plus rapide que les autres dans tout cours d'eau, et que nous nommons fil d'eau.

Ceci explique le fait que, sur une partie de son profil d'équilibre où son fil d'eau satisfait à la condition $f=r$ ou même $f>r$, un fleuve peut parfaitement déposer des matériaux que d'autres parmi ses fils d'eau, que j'appellerai filets marginaux, contiennent, s'ils ne satisfont qu'à la condition $f<r$. Voilà pourquoi nous trouvons souvent superposés les deux phénomènes d'érosion et d'alluvion. Un dessin éclairera ce raisonnement :

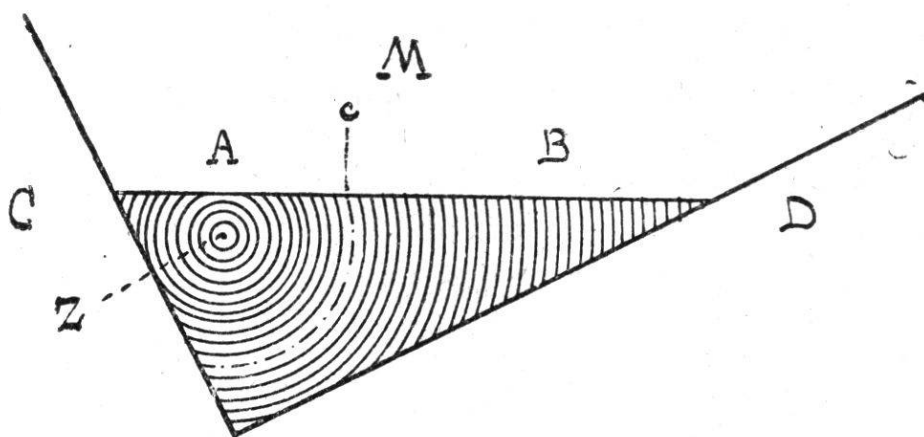


Fig. 3.

Dans un méandre M, le fil d'eau est plus rapproché de la rive concave C que de la rive convexe D. Si nous traçons une section transversale du cours d'eau au méandre M, nous obtiendrons une figure analogue au diagramme ci-dessus. Les courbes concentriques renferment les filets d'eau possédant la même vitesse (courbes isotaches) ; le fil d'eau est en Z. Soit c la courbe correspondant à l'état d'équilibre $f=r$. Dans la partie A de la section à travers notre méandre, nous aurons $f>r$ et par conséquent érosion, tandis que dans la partie B de cette même section, nous aurons $f<r$ et par suite accumulation ou alluvion.

Si nous tenons à jour la carte du méandre M considéré, nous serons obligés, au bout d'un temps qui dépendra de la force d'entraînement du cours d'eau considéré et de la résis-

tance de la roche formant son lit, d'approfondir encore la rive concave C, et d'augmenter la superficie de la rive convexe D, laquelle n'augmentera pas de la quantité intégrale de matériaux arrachés à la rive C, une partie de ceux-ci étant entraînée en aval.

Ce changement rapide de forme des rives d'un cours d'eau, oblige à des remaniements fréquents des cartes à grande échelle qui en sont dressées, surtout si, comme c'est le cas pour la Sarine, aux causes naturelles viennent encore s'ajouter des causes artificielles, telles que la construction ou l'exhaussement d'un barrage.

Maintenant que nous avons examiné sommairement les conditions d'érosion et d'alluvionnement, voyons de quelle façon se fait le dépôt des matériaux charriés, quand la force vive du cours d'eau tombe au dessous de la limite de vitesse nécessaire à leur transport.

On a dressé des tableaux donnant les vitesses requises pour le transport des matériaux de charriage suivant leur calibre.

Ainsi on trouvera, en consultant une table de ce genre, qu'une vitesse V par seconde est requise pour qu'une rivière roule des galets, et ainsi de suite pour les autres matériaux, les vitesses décroissant avec la taille des matériaux transportés. D'une façon générale on a un tableau de l'aspect suivant :

V	vitesse	limite	de	transport	des	galets,
v	»	»	»	»	»	du cailloutis,
v'	»	»	»	»	»	du sable,
v''	»	»	»	»	»	du limon.

Si, pour une cause quelconque, la formation d'un lac artificiel, au moyen d'un barrage par exemple, comme c'est le cas pour la Sarine à Fribourg, la vitesse de l'eau courante décroît, la rivière déposera progressivement les matières qu'elle charrie, car, nous l'avons vu à propos de la vitesse d'un cours d'eau, l'action d'un barrage exerce une action retardatrice mais progressive sur la vitesse d'une rivière.

Soit W la vitesse de la rivière à une distance R du barrage, trop grande pour que son action puisse se faire sentir jusque-là ; dans ces conditions le cours d'eau, s'il a une vitesse initiale suffisante, entraînera tous les produits de son érosion.

Soit r , la distance jusqu'à laquelle l'action de l'ouvrage se fait sentir, la vitesse diminue. A partir de la distance D , où la vitesse a la valeur V , les galets commencent à se déposer. A partir de la distance d , où la vitesse tombe à la valeur v , le cailloutis se dépose. En d' la vitesse étant v' le sable commence à se déposer ; enfin en d'' la valeur de la vitesse n'étant plus que de v'' , le limon se dépose à son tour. A une distance e du barrage encore plus petite, la vitesse m étant presque nulle, le dépôt est complet. Le tableau suivant peut servir à mettre ce fait en évidence :

Distances		Vitesses		Dépôts
R	—	W	—	nuls,
r	—	w	—	nuls,
D	—	V	—	galets,
d	—	v	—	cailloutis,
d'	—	v'	—	sable,
d''	—	v''	—	limon,
e	—	m	—	complets.

Application pratique :

Voyons maintenant comment la Sarine distribue ses alluvions en amont du barrage de Fribourg.

1^o) Les galets ne semblent guère aller au-delà de l'usine hydraulique, sauf en temps de crue naturellement.

2^o) Le cailloutis s'arrête aux environs de la station inférieure du Téléfèrage de Pérolles.

3^o) Le sable se dépose principalement dans la région du cours d'eau avoisinant la Pisciculture.

4^o) Plus loin, entre la Pisciculture et le barrage, se déposent le sable fin et le limon.

Evidemment, ceci n'est qu'une évaluation grossière ; une étude approfondie du dépôt des sables gros et fin, ainsi

que du limon, nécessiterait un échantillonnage microscopique précis, dont les prises d'essai seraient progressivement et régulièrement éloignées du barrage.

Maintenant que les conditions d'alluvionnement nous sont connues, examinons comment se produisent les dépôts.

Les divers matériaux s'accumulent, et se tassent, en formant des bancs de galets, de cailloutis ou de sable qui prennent la forme des endroits de la rivière où le peu de vitesse de l'eau permet aux matériaux dont ils sont formés de se déposer.

C'est pour cette raison que l'on peut trouver, même dans le lit d'un torrent de montagne, des cuvettes relativement tranquilles, où l'on constate la présence de cailloutis et même d'alluvions sablonneuses, dans la Viège de la vallée de Saas par exemple.

Il faut bien se garder de croire les différents dépôts alluvionnaires séparés par des limites immuables et nettement délimitées. En pratique, il est difficile de déterminer la limite entre les galets et le cailloutis. Des matériaux mixtes, pour ainsi dire, forment transition entre ces deux catégories de dépôts ; ils sont bien petits pour des galets, et trop gros pour être rangés dans le cailloutis.

Divers dépôts peuvent même se superposer, comme la constatation en fut faite, en aval de la station inférieure du téléphéage de Pérolles. Considérons la limite entre le cailloutis et le sable, qui est relativement nette ; survienne une crue, la vitesse de la rivière augmente ; les points de vitesse limite de dépôt des divers matériaux charriés sont déplacés vers l'aval ; en conséquence, du cailloutis se dépose là où ordinairement les alluvions sont sablonneuses ; après la crue, la vitesse de la rivière reprend sa valeur normale ; les points de vitesse limite de dépôt des substances charriées, remontent vers l'amont, et le cailloutis, déposé pendant la crue hors de sa région habituelle de dépôt, est

recouvert peu à peu de sable ; on trouvera donc là une superposition d'alluvions.

L'érosion et l'alluvionnement, les deux termes du travail d'un fleuve, nous sont maintenant connus ; reste à étudier le transport des matériaux et l'influence qu'il exerce sur ce dernier.

C'est un fait d'expérience journalière, que le transport de matériaux par les fleuves. En temps de crue, l'énergie d'une rivière bénéficiant d'un notable accroissement, l'érosion augmente et par suite le transport avec elle. La rivière se trouble et charrie alors de grandes quantités de matières solides ; ainsi la Dranse à Martigny contient parfois 35 parties solides pour 1000 parties d'eau, en poids, ce qui donne un pourcentage de transport de 3,5 0/0.

De ce transport, qui est triple en réalité, nous ne voyons qu'un seul aspect : la suspension des corps dans l'eau. L'entraînement des pierres par roulement sur le lit nous échappe complètement, d'autant plus que l'eau est troublée par tout ce qu'elle charrie ; de même nous ne voyons rien du transport des substances dissoutes dans l'eau courante. Pour étudier d'une façon plus approfondie ces diverses formes de transport, il est nécessaire de les considérer au point de vue quantitatif. L'étude des conditions de transport par roulement a été faite mathématiquement, dans le cas de la mise en mouvement de corps de forme géométrique, de sphères par exemple. Ces résultats sont très intéressants, mais leur vérification est malaisée, d'autant plus que les corps roulés n'ont que fort rarement une forme géométrique parfaite. Ici, l'on se heurte à l'une des principales difficultés que l'on rencontre dans l'application des mathématiques aux Sciences naturelles ; le calcul algébrique est relativement facile à appliquer, mais le remplacement dans les formules obtenues des lettres par des données numériques est difficile.

Le transport par dissolution s'étudie en faisant une analyse chimique quantitative de l'eau de la rivière considérée. En général, l'eau des fleuves contient 18,25 0/0

en poids de matières dissoutes. Ces substances sont nombreuses et se trouvent dans l'eau courante à l'état de carbonates, de phosphates, de sulfates, de nitrates, de chlorures, d'oxydes ; on trouve encore de la silice, de l'alumine, et enfin des matières organiques. Des analyses de ce genre ont été effectuées sur l'eau de la Sarine ; il était inutile de les refaire ; notons cependant que l'eau de la Sarine est fortement calcaire. Restait à déterminer la teneur en matières transportées par suspension par la rivière ; c'est ce qui fut fait.

Application pratique :

Pour faire cette détermination, on pourrait se contenter de séparer ces substances au moyen d'une bouteille à filtrer au vide, mais si l'on veut opérer avec précision, il faut employer la méthode de filtration ordinaire, bien qu'elle soit plus lente. Dans la filtration au vide, qui est brutale, de petites particules tenues en suspension par l'eau peuvent passer entre le papier et l'entonnoir, l'étanchéité du raccord entre les parois de ce dernier et le papier filtre n'étant jamais parfaite ; le premier dispositif, convenant parfaitement aux manipulations de chimie organique, laisse donc à désirer quand il s'agit de faire une analyse quantitative exacte du poids des substances tenues en suspension par l'eau.

Le procédé suivant fut donc employé : l'eau, versée dans un entonnoir de grande capacité, passe de la douille de ce dernier très lentement dans un tube de caoutchouc, dont l'ouverture est convenablement réglée par une pince ; un compte-goutte termine le tube ; l'eau s'en échappe goutte à goutte pour tomber dans un petit entonnoir, où est disposé un filtre quantitatif de petit modèle. Le poids de ce filtre brûlé et réduit en cendres est $p' = 0,000.07$ gr. Du petit entonnoir, l'eau, abandonnant sur le filtre les impuretés qu'elle charrie, doit passer claire dans un ballon, placé en-dessous pour la recueillir. Pendant la filtration, qui est très longue, les suspensions les plus pesantes se déposent au fond du ballon d'essai, et l'on filtre les derniers centimè-

tres cubes, contenant la plus grande partie des suspensions, dans un second filtre gravimétrique identique au premier : ce changement de filtre a pour but d'accélérer l'opération. On rince plusieurs fois soigneusement à l'eau distillée le grand entonnoir et le tube de caoutchouc avec le compte-goutte ; le produit de ces lavages est soumis à la filtration. On sèche ensuite les deux filtres, puis on les place dans un creuset propre, et taré à l'avance. Après calcination des deux filtres avec leur contenu, on introduit le creuset dans un dessiccateur à chlorure de calcium. Enfin, on pèse le creuset ; l'excédent de poids constaté, diminué du poids, d'ailleurs presque négligeable des deux filtres calcinés, donne le poids de matières charriées par l'eau du fleuve :

$P - 2p = p$, poids de matières pour 1000, si la prise d'essai était de un litre.

On peut objecter à cette méthode que la calcination, détruisant les substances organiques qui peuvent se trouver en suspension dans cette eau, fausse la mesure de la masse de matériaux charriés par l'eau de la rivière considérée. A ceci, répondons que, ce qui nous occupe ici étant la contenance en matières purement minérales de cette eau, c'est plutôt un avantage de détruire par la calcination les matières non minérales contenues dans l'eau à analyser. Il est particulièrement intéressant de faire ces analyses en temps de crue régulière, au printemps, ou accidentelle lors des orages d'été par exemple, enfin en temps de basses eaux. Pour que les divers résultats soient comparables entre eux, il faut faire autant que possible les prises d'essai toujours au même endroit et à la même profondeur, la quantité de matières tenues en suspension variant avec la profondeur.

Il importe, dans ce genre de travaux, de s'entourer des plus minutieuses précautions. Pendant l'analyse, la propreté la plus rigoureuse s'impose et il importe de protéger la filtration contre l'introduction de poussières, qui, vu le poids minime de matières obtenu et la longue durée de l'opéra-

tion, finiraient par fausser d'une façon sensible le résultat de l'analyse. Pour éviter cet inconvénient, on couvre le grand entonnoir d'une plaque de verre, tout en laissant arriver l'air, en introduisant entre le rebord de l'entonnoir et la plaque une mince cale ; on protège de la même façon le petit entonnoir d'un carton percé d'une ouverture circulaire laissant tout juste passage à l'extrémité du compte-goutte.

Voici un exemple de détermination de la teneur en matières contenues en suspension par l'eau de la Sarine :

1^o) Epoque de la prise d'essai : 9 mai 1917 à 10 h.¹/₂ du matin.

2^o) Lieu de la prise d'essai : Extrémité du débarcadère de la Pisciculture.

3^o) Volume de la prise d'essai : 1000 cm³ mesurés dans un ballon jaugé, contrôlé à 15^o centigrades.

4^o) Position de la prise d'essai : A la surface.

5^o) Conditions météorologiques : Fonte des neiges active, et pluie la nuit précédente, le niveau de la Sarine étant un peu supérieur à son niveau habituel.

6^o) Résultats :

Poids du creuset plus la substance :	5,794.3 grs.
Poids du creuset moins la substance :	5,645.9 grs.
<hr/>	
Poids de la substance :	0,148.4 grs.

Correction pour le poids des filtres :

Poids brut de la substance :	0,148.4 grs.
Poids de 2 filtres pesant chacun 0,000.07 :	0,000.14 grs.
<hr/>	
Poids précis des substances charriées :	0,148.26 grs.

Un litre d'eau de Sarine contenait donc 0,15 gr. environ de matières en suspension.

L'influence d'un pareil contenu peut paraître infime, mais si l'on prend la peine de faire quelques calculs simples, on appréciera à sa juste valeur l'importance de ce facteur.

Supposons que la rivière roule 10 m³ par seconde ; à

chaque seconde passera par la section transversale considérée un poids de matériaux tenus en suspension égal à :

$$10\,000 \cdot 0,15 = 1500 \text{ grs.} = 1,5 \text{ kg.}$$

En une journée, si les conditions restent identiques, un poids de

$$24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 1,5 = 129.600 \text{ kg.}$$

soit d'environ 130 tonnes passera par la section transversale considérée ; c'est la charge de 13 wagons de marchandises ordinaires. Cet alourdissement apparaît encore bien plus important si nous l'envisageons s'exerçant sur de grandes masses d'eau, comme le lac de Pérolles tout entier. De plus, il faut encore remarquer que la prise d'essai de l'analyse précédente a été faite à la surface de la rivière et non dans des couches d'eau plus profondes où le transport est plus considérable.

Ces résultats numériques font bien comprendre l'importance de l'alluvionnement des fleuves travailleurs, et font apprécier à sa juste valeur un facteur aussi minime en apparence que le transport par suspension.

Examinons maintenant quelle est l'influence de ce transport de matériaux sur le mouvement de l'eau d'un fleuve. On remarque facilement l'action de ce transport par suspension sur la vitesse de l'eau courante, en observant la vitesse d'une rivière, dans des conditions de débit identiques naturellement, quand ses eaux sont limpides, puis quand elle charrie des matières en suspension. Ceci s'explique théoriquement, au moyen de calculs trop longs à exposer ici, que l'on trouve d'ailleurs dans l'excellent livre de M. Ferdinand Wang.

Ces calculs montrent que la vitesse, après l'alourdissement, est donnée par la formule :

$$v' = C \cdot v,$$

où v représente la vitesse du cours d'eau considéré avant la surcharge. Comme C est plus petit que 1, on en con-

clut immédiatement que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de l'eau chargée de matériaux est inférieure à celle de l'eau limpide. Bien entendu, il faut effectuer la comparaison dans des conditions identiques. Un observateur superficiel serait tenté d'affirmer le contraire, parce qu'il a vu en temps de crue une rivière fortement chargée en matériaux de suspension posséder une vitesse manifestement supérieure à celle dont est animée cette même rivière, alors qu'en temps ordinaire son charriage est bien moindre, sans réfléchir à l'augmentation de débit provenant de la crue. Cette loi peut également s'exprimer de la façon suivante : la vitesse moyenne d'un cours d'eau varie en raison inverse de son contenu en substances charriées. En continuant les calculs, on arrive à une autre formule :

$$\frac{v}{v'} = \frac{c}{c'} = \frac{g + a(d-g)}{g}$$

où v et v' représentent les vitesses de la rivière considérée avant et après l'alourdissement, c et c' les constantes respectives de ces vitesses (dans la formule $v = C\sqrt{RI}$), g étant le poids spécifique de l'eau pure, enfin a désignant le coefficient, exprimant le rapport entre le volume de l'eau pure et le volume des matériaux, d étant le poids spécifique de ces derniers.

Application pratique :

Une application numérique montrera l'intérêt de ces considérations. Soit $C = 50$, la constante du cours d'eau considéré, $d = 2\,500$ kg. le poids spécifique des substances tenues en suspension, g le poids spécifique de l'eau pure étant de 1000 kg. Supposons égal à $\frac{1}{10}$ le rapport a entre le volume des corps entraînés et le volume d'eau les transportant, nous avons :

$$\frac{50}{c'} = \frac{1150}{1000} \quad \text{et} \quad c' = 43,47.$$

Etant donnée la proportionnalité des vitesses et de leurs constantes, nous pouvons calculer la vitesse, d'après l'alourdissement de l'eau courante. On obtient la proportion :

suivante en supposant la vitesse primitive égale à 2 m. par seconde.

$$\frac{2}{v'} = \frac{50}{43,47} \quad \text{d'où } v' = 1,73 \text{ mètre par seconde.}$$

Ainsi, pour un alourdissement de $\frac{1}{10}$ en volume de son eau par le transport de matériaux en suspension, la vitesse d'une rivière coulant à raison de 2 m. par seconde est réduite à 1,73 m., la diminution est de $\frac{1}{8}$ environ ou de 12,5 0/0.

Les formules employées pour effectuer ces calculs ne sont qu'approchées ; en effet le frottement, nullement négligeable, des matériaux sur le lit, n'entre point en ligne de compte dans leur établissement ; cependant on peut à la rigueur admettre les résultats obtenus.

Examinons enfin l'influence de l'alourdissement de l'eau sur son travail. On peut établir, mathématiquement, une équation entre le travail par seconde ou puissance d'un cours d'eau avant son alourdissement, et celle qu'il possède après ; l'exposition de la méthode, toute théorique, employée pour trouver cette relation, sortirait du cadre plutôt pratique de ce travail. Qu'il nous suffise de dire ici que la puissance augmente avec la surcharge, la masse agissante devenant plus pesante, et qu'elle est proportionnelle au rapport des vitesses après et avant l'alourdissement, de sorte que l'augmentation de puissance d'un cours d'eau provient de trois causes : surcroît de charriage, de débit et de vitesse ; c'est ce que nous constatons en temps de crue.

Telles sont les considérations les plus importantes, faites sur le travail général de la Sarine ; nous en étudierons les effets dans le lac de Pérolles.

Comme on vient de le voir, les aperçus théoriques ont été rendus aussi succincts que possible.
