

JAUGEAGE CHIMIQUE CONTINU DU GUIL

J. GOGUEL

Ingénieur en chef des Mines

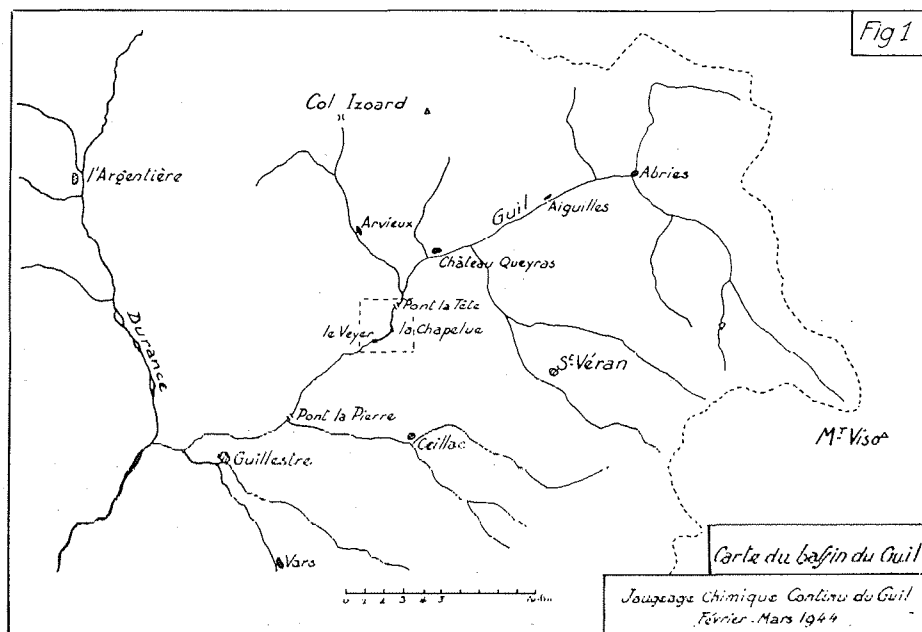
Les expériences que nous allons décrire ont été entreprises pour lever certains doutes que laissait subsister l'étude du régime hydrologique du Guil. Lorsqu'elle a commencé ses travaux, la Société des Forces Motrices du Guil disposait d'une longue série de jaugeages du Service des Forces Hydrauliques à la station de Pont-la-Pierre. Le premier projet envisagé comportant la construction d'un barrage sur la gorge calcaire de la Chapelue, la Société a entrepris des jaugeages sur cette gorge même, à la station de Pont-la-Tête. Ces jaugeages ont fait apparaître une différence systématique entre les débits spécifiques aux deux stations, plus marquée en basses eaux qu'en période de crue; à la suite d'une série de jaugeages simultanés au moulinet, M. Wyart a pu conclure que tout se passait comme si, le débit spécifique étant le même, un débit de l'ordre de 800 l./sec. échappait au jaugeage à Pont-la-Tête.

Entre temps, la Société était amenée à envisager un projet différent, comportant une prise sur le verrou de quartzite du Veyer, à 2 km. en aval de la gorge calcaire de la Chapelue. En attendant les résultats des jaugeages aux stations établies en ce point, il devenait très important

de savoir si, comme semblaient l'indiquer des jaugeages des Services des Forces Hydrauliques du Sud-Est remontant à 1913, le débit manquant à Pont-la-Tête se retrouvait au Veyer. Il était également très important de déterminer le point de résurgence exact pour s'assurer que cette source ne mettait pas en cause l'imperméabilité de la masse calcaire sur laquelle était envisagée la construction du barrage de la Chapelue.

C'est pourquoi M. Frérejean, Directeur de la S. F. M. G., a retenu ma suggestion d'effectuer un jaugeage chimique continu du Guil et a tout mis en œuvre pour réaliser cette expérience dans des conditions irréprochables, malgré les difficultés du moment.

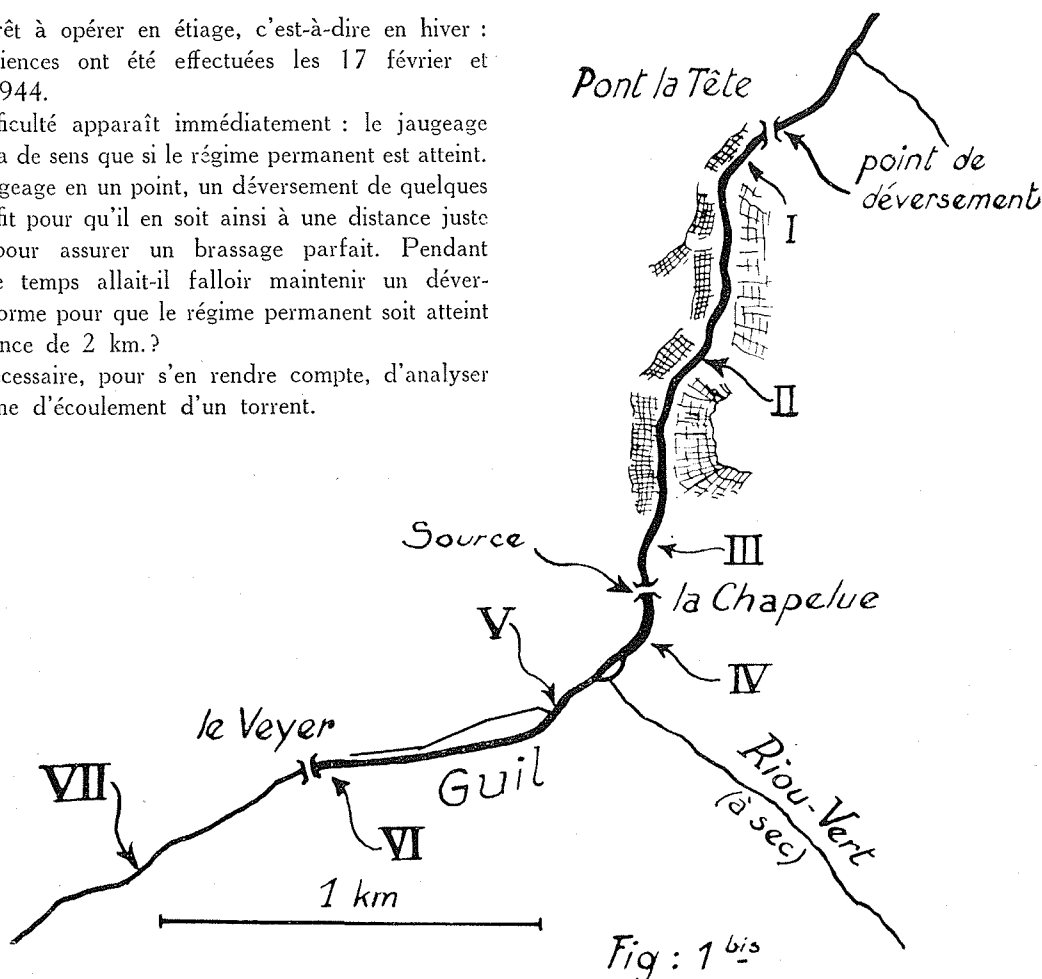
On sait en quoi consiste la méthode chimique de jaugeage d'un cours d'eau; déversant en un point un débit connu d'un produit chimique, on mesure, après mélange complet, sa dilution dans le cours d'eau. Nous avons proposé d'effectuer un seul déversement et toute une série de prélèvements en des points échelonnés, en chacun desquels on obtiendrait ainsi la valeur du débit. Pour mettre plus facilement en évidence les résurgences, dont le débit paraissait peu variable, il y avait naturel-



lement intérêt à opérer en étiage, c'est-à-dire en hiver : deux expériences ont été effectuées les 17 février et 11 mars 1944.

Une difficulté apparaît immédiatement : le jaugeage chimique n'a de sens que si le régime permanent est atteint. Pour le jaugeage en un point, un déversement de quelques minutes suffit pour qu'il en soit ainsi à une distance juste suffisante pour assurer un brassage parfait. Pendant combien de temps allait-il falloir maintenir un déversement uniforme pour que le régime permanent soit atteint à une distance de 2 km. ?

Il est nécessaire, pour s'en rendre compte, d'analyser le mécanisme d'écoulement d'un torrent.



Carte des gorges du Guil, à la Chapelue, indiquant les points de prélèvements.

Supposons qu'en une section prise pour origine, on fasse passer la teneur de l'eau en un produit chimique quelconque de 0 à une valeur prise pour unité, et qui sera maintenue constante par la suite. Il est à peu près évident qu'en une section quelconque du torrent, la teneur ne s'élèvera que progressivement, pour tendre asymptotiquement vers la valeur correspondant au régime permanent; nous appellerons courbe caractéristique celle qui donne la variation de la teneur au point considéré.

La connaissance de la courbe caractéristique permet de déterminer la teneur au point considéré, pour une variation quelconque de la teneur à l'origine. Par exemple, si celle-ci est maintenue à la valeur 1 de 0 à T, on obtiendra la teneur en ajoutant les ordonnées de la courbe caractéristique et de celle que l'on obtient en la décalant de T et en changeant son signe; ce mode de calcul tient, en somme, compte séparément des deux perturbations que constituent le début et la fin du déversement.

À défaut de tout renseignement antérieur sur la courbe

caractéristique, nous avons essayé de déterminer son allure par le calcul.

Un premier phénomène qui intervient est l'inégale vitesse des filets liquides. On peut admettre que les vitesses des particules, en un point donné, se répartissent au hasard autour de la vitesse moyenne. Au bout d'un certain temps, la nouvelle répartition des vitesses est complètement indépendante de ce qu'elle était précédemment. Le temps de parcours d'une particule s'obtient en combinant, suivant les lois du hasard, les différentes valeurs probables pour l'inverse de la vitesse. Si celui-ci vérifiait la loi de Gauss, il en serait de même pour les temps de parcours résultants, avec un écart qui n'augmenterait que proportionnellement à la racine carrée de la distance. Un calcul complet n'est pas possible, mais on peut, du moins semble-t-il, admettre cette conclusion.

En régime torrentiel, un second phénomène intervient pour ralentir l'établissement du régime permanent. Nous verrons que son effet est à peu près proportionnel à la distance; il deviendra donc rapidement prédominant.

Un torrent comporte, à côté du courant principal rapide, un grand nombre de mares d'eau morte, en communication avec le courant principal mais dans lesquelles un objet flottant peut tourner pendant longtemps avant d'être entraîné par le courant : pour que la nouvelle teneur de produit chimique considéré se soit établie partout, il faut que l'eau de ces mares soit intégralement renouvelée.

Pour soumettre ce phénomène au calcul, nous avons assimilé le torrent à un canal où la vitesse y est uniforme, avec une série de mares latérales, dont le volume est à celui du canal dans le rapport β ; α est la proportion d'eau des mares qui, dans l'unité de temps, s'échange avec le courant principal. Si x est l'abscisse comptée le long du torrent dans le sens de l'écoulement et t le temps, les teneurs en un produit chimique quelconque, φ dans les mares et f dans le courant, vérifient les deux équations :

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = \alpha(f - \varphi) \\ \frac{df}{dt} + V \frac{df}{dx} = \alpha\beta(\varphi - f) \end{cases}$$

qui traduisent simplement la formule des mélanges.

On en tire :

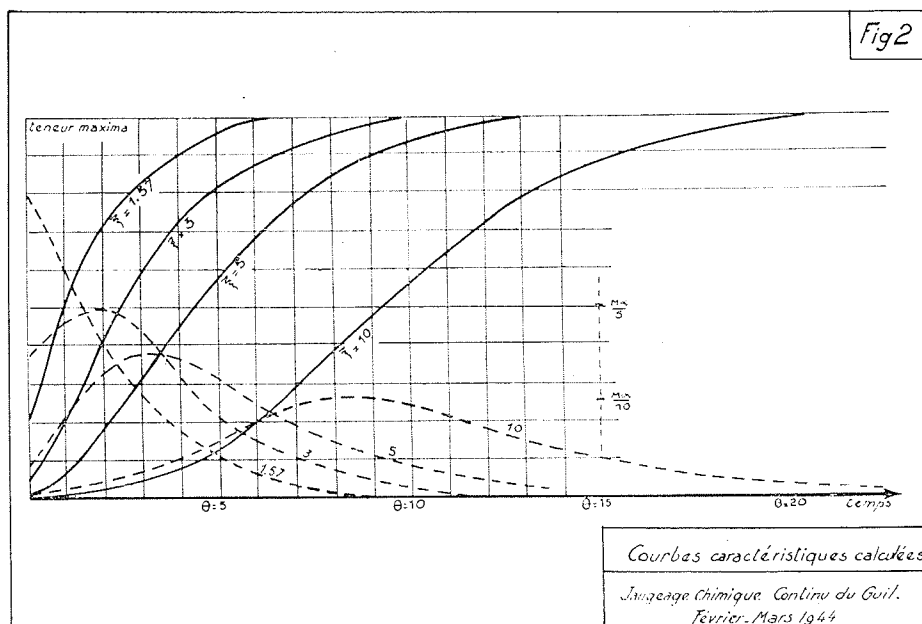
$$\frac{d^2 f}{dt^2} + V \frac{d^2 f}{dx dt} + \alpha(1 + \beta) \frac{df}{dt} + \alpha V \frac{df}{dx} = 0$$

Cette équation admet des solutions particulières sinusoïdales en fonction du temps, avec un déphasage progressif et une diminution exponentielle de l'amplitude, en fonction de l'abscisse.

Ceci permet, si la teneur à l'origine est développable en série de Fourier, de calculer la teneur en un point et à l'instant quelconque. En utilisant le développement classique de la fonction qui prend successivement les valeurs de $+1$ et -1 (et en s'aidant du calcul direct des discontinuités), on a calculé les courbes caractéristiques de la figure 2, qui sont applicables à un torrent quelconque, moyennant un changement d'échelle convenable.

En adoptant pour les coefficients des valeurs choisies de mémoire de façon à représenter à peu près le régime du Guil, nous avons annoncé que la teneur limite serait atteinte à 5 % près à une distance d'un kilomètre au bout de 19 minutes. L'expérience a montré qu'à 1.200 m. (station III) il en était ainsi au bout de 22 minutes.

Pour la région située plus en aval, en dehors des



Les arguments ξ et θ sont liés au temps t et à l'abscisse x par les équations :

$$x = \frac{V}{\alpha\beta} \xi \qquad t = \frac{x}{V} + \frac{\theta}{\alpha}$$

ξ est donc l'abscisse, comptée avec une unité $V/\alpha\beta$; θ est le temps compté avec une unité $1/\alpha$ à partir du passage de la première molécule ayant passé en O à l'origine.

En traits interrompus, les courbes dérivées qui indiquent la teneur pour un déversement instantané : M serait la teneur qui résulterait du passage en une seconde de la totalité du produit déversé.

gorges, l'écoulement devient beaucoup plus régulier et la durée d'établissement du régime permanent est plus faible que ne l'indiquait le calcul, ce qui a permis, lors de la deuxième expérience, d'ajouter une septième station vers l'aval.

Pour préciser encore le régime d'écoulement du Guil, dans les conditions mêmes où on devait opérer, on a déversé, le 16 février 1944, à Pont-la-Tête, 5 kgs de fluorescéinate de soude. Le déversement s'est effectué en quelques instants, et on a noté, en une série de points échelonnés, l'instant du début de la coloration (très facile à apprécier) et celui, un peu moins bien défini, où la coloration disparaît. L'expérience, effectuée en présence de M. Monnet, Conservateur des Eaux et Forêts, accompagné de quelques-uns de ses officiers, a montré d'une façon frappante le mécanisme de l'écoulement que nous venons de décrire, les mares dormantes ne se colorant que progressivement, alors que la couleur apparaît brusquement dans le courant principal. Inversement, à la fin de l'expérience, les mares restent colorées et ralentissent le retour du courant à son état normal.

Des expériences avaient été effectuées au préalable par M. l'Inspecteur Vivier, Directeur de la Station centrale d'Hydrobiologie appliquée, pour s'assurer que ni la fluorescéine, ni le sel aux concentrations mises en œuvre, n'avaient le moindre effet nocif sur les truites, ni la faune leur servant de nourriture.

Le résultat de cette expérience dépend directement de la forme de la courbe caractéristique; en faisant tendre vers 0 la durée T du déversement, on constate, en effet, que la courbe qui donne, en un point donné, la

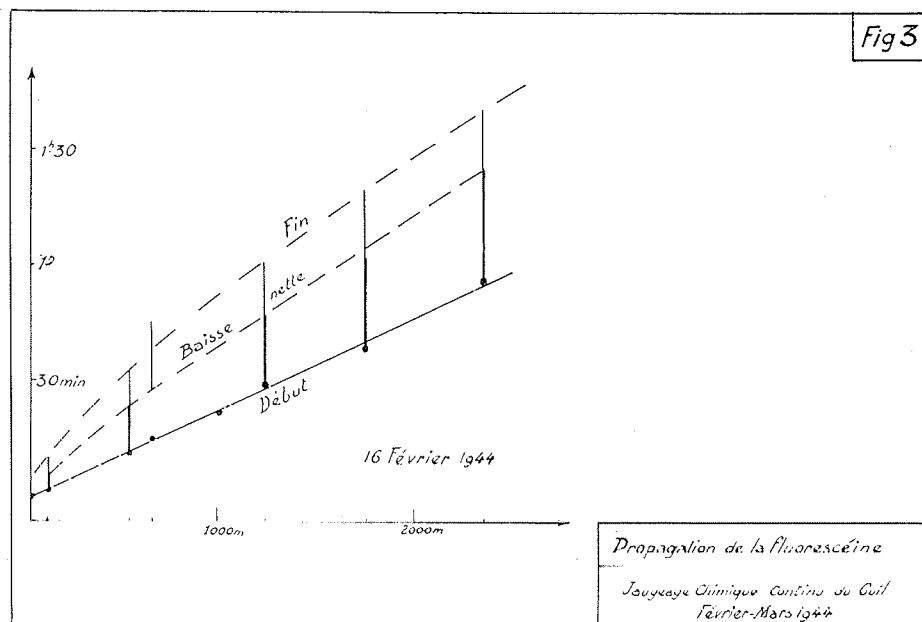
teneur en un produit déversé instantanément, n'est autre chose que la dérivée de la courbe caractéristique (tracée en traits interrompus sur la fig. 2). La durée de passage de la coloration correspond donc à la période de variation de la teneur indiquée par la courbe caractéristique, c'est-à-dire à la durée d'établissement du régime permanent.

La fig. 3 qui résume les observations effectuées sur la propagation de la fluorescéine indique, pour la vitesse du courant (vitesse maximum de la coloration), la valeur très constante de 0,72 m./sec. ou 2,592 km./heure. La durée de passage de la coloration est de 30 minutes à 1 km. et de 50 minutes à 2 km. 400.

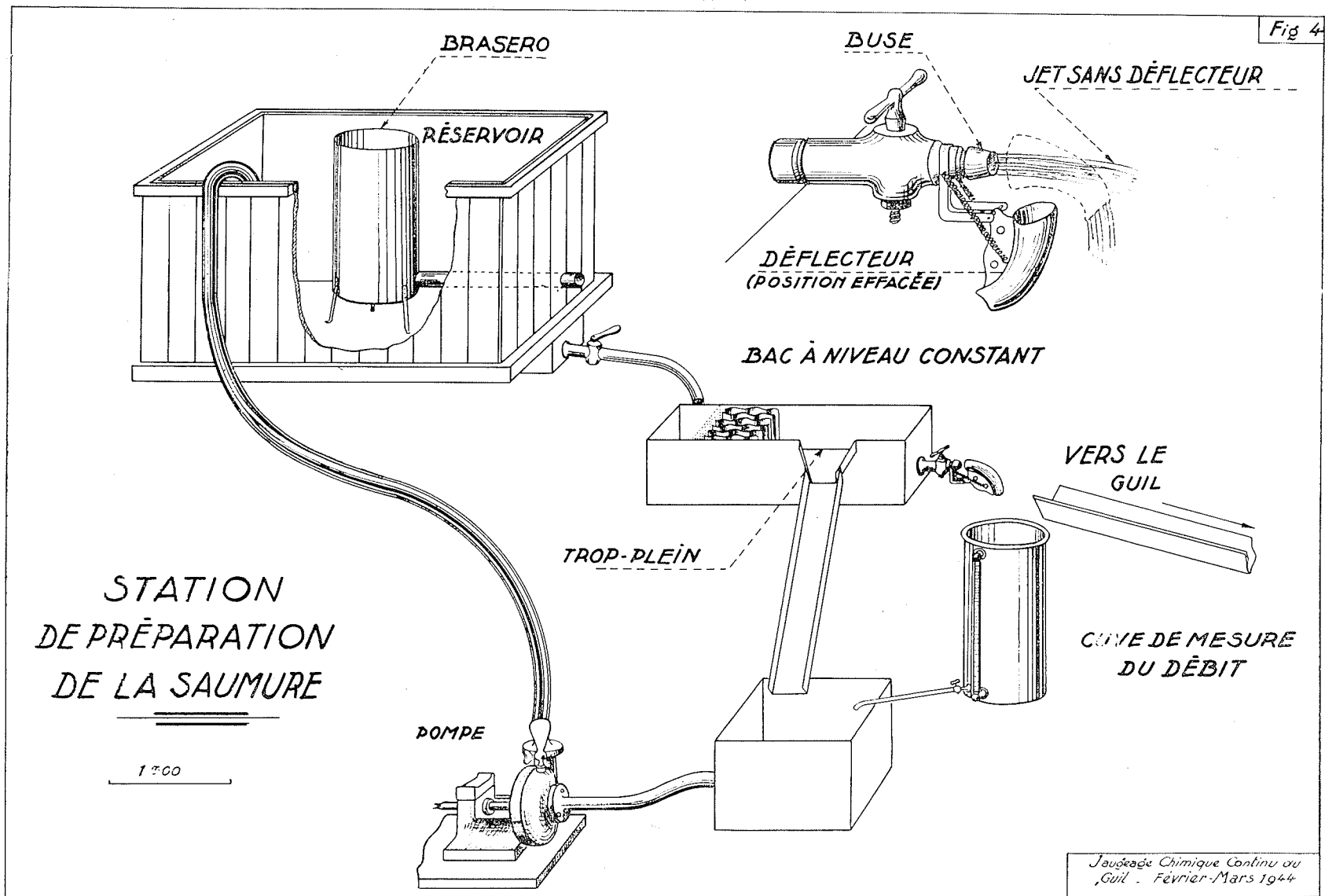
Pour les expériences à faire sur le Guil, on a utilisé comme produit chimique le chlorure de sodium (dénaturé à l'oxyde de fer); les titrages ont été effectués par M. Lescaut, suivant la méthode volumétrique indiquée par Dienert. Dans 100 cm³ de la solution à analyser, additionnée de quelques gouttes de chromate de potassium, on verse goutte à goutte une solution N/58,5 de nitrate d'argent, dont chaque centimètre cube employé jusqu'au virage au rose correspond à un centigramme de Cl Na par litre.

Pour avoir une précision satisfaisante, il était nécessaire d'obtenir des teneurs de l'ordre de 30 cg./litre, ce qui, pour un débit de 2 m³/sec. (en étiage) représente 600 gr./seconde, soit 3 litres/seconde d'une solution très concentrée. Pour poursuivre ce déversement pendant une heure, il fallait disposer de 10 m³ d'une solution contenant deux tonnes de sel.

C'est donc une installation assez importante qui a dû être réalisée sur le bord du Guil : réservoir de 10 m³



La baisse et la disparition de la coloration ont été appréciées de façon assez variée par les observateurs. Le début, au contraire, est très net et correspond à une vitesse de 72 cm./sec.



Dispositif de déversement de la saumure installé sur la berge du Guil.

avec pompe de remplissage et chauffage, pour éviter que l'eau ne gèle avant d'avoir dissous le sel, dispositif pour assurer la constance du débit et le mesurer, goulotte déversant la saumure au milieu du lit, au-dessus d'un tourbillon qui assurait un brassage parfait. La fig. 4 donne une idée de cette installation, que nous allons décrire avec quelques détails.

Le réservoir, construit en planches doublées de tôle, avec un robinet à sa base, comportait en son centre une sorte de grand brasero en tôle pleine, monté sur pieds, dans lequel on allumait un feu de bois et qui s'est montré tout à fait suffisant pour empêcher le refroidissement du liquide.

L'appareil à débit constant, étudié par M. Fortier au Laboratoire hydraulique de l'École des Ingénieurs Hydrauliciens à Grenoble, se composait essentiellement d'un bac à niveau constant, muni d'un large trop-plein. Ce bac était alimenté en saumure provenant du réservoir, par un robinet manœuvré à la main. Une grille et un paquet de tôles ondulées placées verticalement empêchaient l'agitation de l'eau provenant du remplissage de se transmettre jusqu'au trop-plein. A sa partie inférieure, ce bac était muni d'un robinet sur lequel pouvaient s'adapter une série de buses calibrées de diamètres assortis. Le jet provenant de la buse était recueilli directement par une goulotte en planches déversant la saumure dans le Guil.

Pour mesurer ce débit qui s'est révélé constant à moins de 1 % près, on dispose d'un déflecteur, maintenu en place par un ressort, et qui permet de détourner le jet provenant de la buse, pendant un temps qu'il est facile de chronométrer, dans un récipient cylindrique muni d'un niveau en verre.

La saumure provenant de la vidange de ce récipient et celle qui s'écoule par le trop-plein du bac à niveau constant, sont recueillies dans un réservoir auxiliaire et repompées dans le réservoir principal.

Cet appareillage a donné entière satisfaction; la seule difficulté a été de dissoudre le sel dans l'eau, ce pourquoi il a fallu établir à l'aide de la pompe une circulation d'eau dans le réservoir.

Des échantillons de la saumure ont été recueillis au début, au milieu et à la fin du déversement, pour être dosés, après dilution convenable, de la même façon que l'eau du Guil. Celle-ci a été recueillie en amont et en aval, en sept points échelonnés. Pour ceux-ci les heures de prélèvement avaient été fixées d'avance, de façon que le premier soit certainement antérieur à toute modification et corresponde à la teneur naturelle au point considéré, qui devra être naturellement déduite de toutes les teneurs mesurées par la suite. Les prélèvements ont été poursuivis assez longtemps pour que le dernier corresponde au retour à la teneur naturelle.

Le 17 février, les difficultés imprévues rencontrées

dans la dissolution du sel ont retardé le déversement, qui n'a pu commencer qu'à 14 h. 58. A ce moment, le niveau du Guil s'élevait rapidement; d'autre part, la dissolution du sel n'était pas complète et la teneur de la saumure déversée a augmenté entre le début et la fin de l'expérience. Par un curieux hasard, ces deux causes d'erreur se sont compensées et la teneur mesurée dans le Guil, à 100 mètres en aval, s'est trouvée constante, à moins de 2 % près. Il a donc été possible d'effectuer des comparaisons à partir de là.

Néanmoins, l'expérience a été refaite le 11 mars, à 7 heures du matin, de façon à éviter la crue diurne, due à la fusion de la neige dans les parties hautes du bassin.

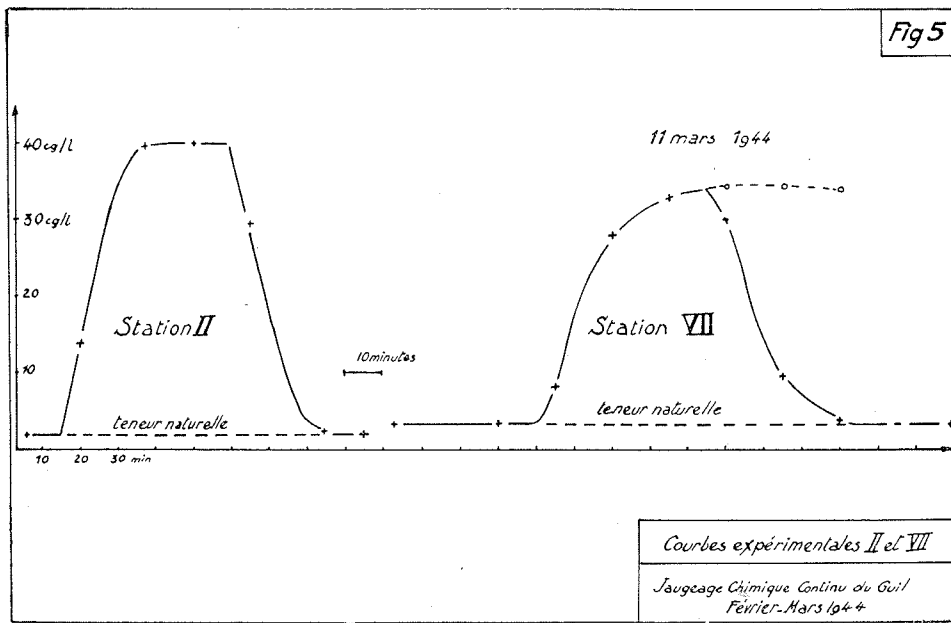
La fig. 5 donne, pour les stations II et VII, les teneurs mesurées en fonction du temps. On peut mettre en œuvre ces résultats de plusieurs façons.

Pour la station II, la courbe montre que la teneur limite correspondant au régime permanent a effectivement été atteinte. Il suffit d'en déduire la teneur naturelle et de diviser par le chiffre trouvé le débit déversé à l'origine, exprimé en grammes de ClNa par seconde, pour avoir le débit du Guil en litres/seconde.

Pour la station VII, la teneur limite ne semble pas avoir été atteinte. Il est néanmoins possible de construire la courbe caractéristique en utilisant le fait que le retour à la teneur naturelle se fait suivant la même loi que la montée vers la teneur limite. Nous avons vu ci-dessus que les ordonnées de la courbe donnant la teneur pour un déversement de durée T s'obtiennent comme différence des ordonnées de la courbe caractéristique, décalées de T . Il suffit donc d'ajouter les teneurs mesurées sur deux prélèvements échelonnés d'un temps T (naturellement après déduction de la teneur naturelle) pour obtenir l'ordonnée de la courbe caractéristique à l'instant correspondant au deuxième relèvement. Pour permettre l'application de cette méthode, l'intervalle entre deux prélèvements était une fraction simple de la durée de déversement : 10 minutes pour un déversement de 50 m.; 15 minutes pour un déversement de 45 m. La fig. 5 montre que les teneurs fictives ainsi calculées s'alignent d'une façon satisfaisante. Mais, naturellement, l'erreur accidentelle de dosage intervient quatre fois dans ces teneurs fictives et non plus deux seulement.

Pour certaines stations, la première teneur fictive calculée est nettement anormale, ce qui semble résulter de ce qu'elle provient de l'addition de deux chiffres relatifs à des prélèvements effectués dans une période de variation rapide. Une erreur d'une ou deux minutes sur le moment du prélèvement suffit à rendre compte de l'erreur constatée; il semble que les opérateurs du 11 mars aient été moins soigneux, à ce point de vue, que ceux du 17 février.

Pour compenser par un calcul de moyenne les erreurs de dosage, il serait tout indiqué de mesurer l'aire de la courbe, y compris la phase de décroissance, au-dessus de



Les croix indiquent les teneurs mesurées, les cercles, les teneurs fictives corrigées.

l'ordonnée correspondant à la teneur naturelle. La comparaison avec la masse totale de sel déversé donnerait immédiatement le débit. On pourrait même, théoriquement, déverser le sel d'une façon quelconque et non plus sous un débit constant.

La difficulté tient à ce que le tracé de la courbe, qui comporte des points anguleux, est assez incertain. D'autre part, les erreurs commises sur l'instant du prélèvement ont une grosse influence sur l'aire; mais l'étude des teneurs fictives qui permet de les mettre en évidence fournit, en même temps, un moyen de corriger la courbe; c'est de cette façon qu'ont été obtenus les chiffres ci-après.

Si l'on voulait appliquer systématiquement la méthode des aires, il y aurait intérêt à changer le mode de prélèvement et à recueillir des échantillons moyens obtenus en mélangeant des quantités égales d'eau, prises de minute en minute, pendant un intervalle de temps donné (par exemple, 10 minutes), ce qui conduirait directement au

calcul de l'aire de la courbe, sans même qu'il soit nécessaire de la tracer. Il serait essentiel de respecter scrupuleusement les heures indiquées.

On démontre d'ailleurs facilement que la précision à attendre de ces différentes méthodes (à tonnage de sel donné et pour une même méthode de dosage) est la même.

Expérience du 17 février

Déversement pendant 50 minutes, de 14 h. 58 à 15 h. 48

Débit de saumure 2,85 l./sec.

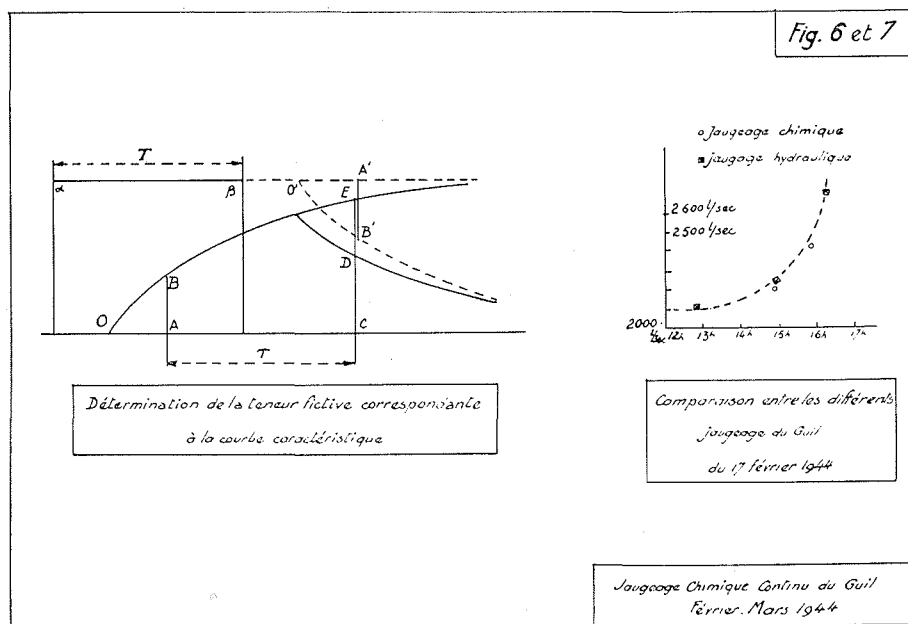
Teneur de la saumure, au début . . . 165 gr./l.
à la fin 181,3 gr./l.

Débit du sel : au début 470 gr./sec.
à la fin 517 gr./sec.
(moyenne 493)

Tonnage de sel déversé 1.480 kg.

TABLEAU DES RÉSULTATS

Station	Distance à l'origine	Teneur limite cg/l	Débit moyen l/sec.	Aire de la courbe gr × sec litres	Débit moyen méthode des aires
I	100 m.	21,4	2.310	648	2.280
II	650	21,1	2.340	630	2.350
III	1.200	20,3	2.430	597	2.480
IV	1.500	18,9	2.610	545	2.720
V	1.800	18	2.740	493	3.000
VI	2.450	17,7	2.790	507	2.920



6. — Si la teneur, à l'origine, était maintenue indéfiniment à sa valeur à partir de O, la teneur au point considéré serait donnée par la courbe caractéristique OBE. Le déversement n'ayant lieu que pendant un temps T, la teneur au point considéré peut se déterminer, en ajoutant à l'effet de deux perturbations l'augmentation brusque en α et la diminution brusque en β . L'effet de cette dernière est donné par une courbe O'B' égale à la courbe caractéristique. La teneur CD est donc la différence entre l'ordonnée CE de la courbe caractéristique et de la diminution A'B' due à la fin du déversement. Mais, si l'intervalle de temps AC est égal à la durée T du déversement, A'B' est égale à l'ordonnée AB de la courbe caractéristique. D'où, inversement, la construction du point E représentant la teneur fictive pour un déversement poursuivi indéfiniment, à partir des résultats expérimentaux, il suffit d'ajouter les teneurs AB et CD, mesurées à un intervalle de temps T, pour obtenir la teneur fictive CE. La construction se généraliserait par l'addition de teneurs mesurées de T en T.

Comparaison avec les mesures au moulinet :

A la station I (Pont-la-Tête) on dispose de trois mesures :

12 h. 30 à 13 h. 15	2.110 l./sec.
14 h. 30 à 15 h. 30	2.230 l./sec.
16 h. à 16 h. 30	2.690 l./sec.

Le jaugeage par la méthode chimique donne :
pour le début du déversement :

$$15 \text{ h. } - 470/0,214 = 2.190 \text{ l./sec.}$$

pour la fin du déversement :

$$15 \text{ h. } 50 - 517/0,214 = 2.410 \text{ l./sec.}$$

La figure 7 ci-contre montre que ces points se placent d'une façon très satisfaisante sur une même courbe indiquant la variation du débit en fonction du temps.

Pour la station VI (passerelle amont du Veyer), un jaugeage effectué de 14 h. 35 à 15 h. 05 au moulinet donne 2.580 l./sec.

Le jaugeage chimique a été effectué 1 h. 50 plus tard, ce qui correspond, d'après la courbe relative à Pont-la-Tête, à un accroissement du débit de 200 litres. Le chiffre corrigé, 2.780 l./sec., est identique à celui fourni par le jaugeage chimique.

On voit que, malgré des conditions assez défavorables et bien que les teneurs naturelles utilisées n'aient été mesurées que le lendemain, par suite d'une erreur matérielle, les résultats obtenus sont en parfait accord avec les jaugeages directs.

Une seconde expérience a été effectuée le 11 mars, de 7 h. à 7 h. 45. Le débit de saumure mesuré au début était de 2,76 l./sec. et à la fin 2,84 l./sec., moyenne 2,8 l./sec. Les teneurs en sel, mesurées de 1/4 d'heure en 1/4 d'heure, 287, 290, 286, 296 gr./litre, moyenne 290 gr./litre.

Le débit de sel était : 812 gr./sec.

Le tonnage total déversé : 2.190 kg.

Station	Distance à l'origine	Teneur limite relative cg/l	Débit correspondant l./sec.	Aire de la courbe $\frac{\text{gr} \times \text{sec}}{\text{en litres}}$	Débit moyen par la méthode des aires l./sec.
I	100 m.	38,8	2.090	1.035	2.120
II	650	38	2.140	1.022	2.145
III	1.200	38,3	2.120	1.038	2.110
IV	1.500	32	2.540	874	2.510
V	1.800	31,2	2.600	825	2.660
VI	2.450	30,8 *	2.640	825	2.660
VII	3.000	30,8 *	2.640	825	2.660

* Teneur fictive corrigée.

Bien que les résultats des mesures paraissent en eux-mêmes meilleurs que le 17 février, l'accord avec les jaugeages au moulinet est beaucoup moins satisfaisant. On a trouvé, en effet, à la station I, 1.720 l./sec. et à la station VI 2.390 l./sec., soit des écarts de 400 et 250 litres.

Le seul examen des résultats de jaugeages au moulinet donne l'impression que le débit de 1.720 l./sec. est particulièrement faible par rapport à la hauteur de l'échelle. L'avant-veille on avait trouvé le même débit pour un niveau plus bas de 1 cm. 5. Des erreurs accidentelles de 200 litres/sec. paraissent possibles pour les mesures au moulinet, si bien qu'il n'est peut-être pas nécessaire de faire appel, pour expliquer l'écart constaté, à une erreur systématique affectant toutes les mesures chimiques. La précaution qui a été prise de répéter quatre fois le dosage de la saumure et deux fois la mesure de son débit, rend une telle erreur peu vraisemblable.

De toutes façons, c'est surtout la variation du débit, d'une station à l'autre, qui nous intéresse et les différentes méthodes donnent sur ce point des résultats cohérents.

On voit donc que le jaugeage chimique fournit, pour les débits, des résultats vraisemblablement plus précis que

les jaugeages au moulinet, et ceci en autant de stations qu'on le désire.

L'examen des chiffres ci-dessus montre que la presque totalité de l'augmentation du débit du Guil, entre Pont-la-Tête et le Veyer, qui est de 550 l./sec. (vraisemblablement à 50 l./sec. près) rejoint le torrent entre les stations III et IV, situées à 300 mètres de distance de part et d'autre du pont de la Chapelue. Il y a là, effectivement, un groupe de sources, sur la rive ou dans le lit même du Guil, dont certaines visibles en étiage.

D'autres observations effectuées en février ont fourni quelques renseignements sur ces sources : la température des griffons accessibles était de 8°; celle du Guil, qui n'était que de 1 à 2°, augmentait à peu près de 1° 5, entre l'amont et l'aval des sources.

La teneur de ces sources en Cl Na étant de 0,1 gr./l. on a constaté une élévation de la teneur naturelle de l'eau du Guil, passant de 0,8 cg./l. à 2 cg./l., de part et d'autre du pont de la Chapelue. Ces chiffres sont en parfait accord avec le débit calculé.

Il restera à déterminer l'origine de ces sources, de façon à s'assurer qu'elles ne proviennent pas d'infiltrations dans l'étendue de la retenue à créer par le barrage de la Chapelue.