

Le régime annuel du Rhône, de l'Avre, de l'Elbe et de la Meuse

Autor(en): **Joukowsky, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **10 (1928)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-742808>

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.

Le régime annuel du Rhône, de l'Arve, de l'Elbe et de la Meuse

PAR

E. JOUKOWSKY

(Avec 4 planches)

AVANT-PROPOS

Le but de cette note est d'attirer l'attention des personnes qui s'intéressent à la limnologie sur quelques points qui semblent avoir échappé à ceux mêmes qui ont fait, durant une année entière, les observations journalières résumées dans les planches qui accompagnent ce travail. L'auteur a été conduit à tenter une comparaison des résultats obtenus pour divers cours d'eau, étudiés suivant un même plan, afin de voir si les chiffres obtenus font ressortir le rôle du facteur le plus important de la teneur en matières dissoutes, qui est la loi de variation de la solubilité du carbonate de chaux avec la température. On verra plus loin que le rôle de ce facteur ressort clairement de l'allure des courbes pour le Rhône et l'Arve, alimentés tous deux par l'eau de fusion des glaciers, tandis que le fait est moins net pour l'Elbe et la Meuse, où la fusion de la neige ne joue qu'un rôle de courte durée. L'allure réciproque de la courbe des températures et de celle des matières dissoutes est bien déterminée et nettement distincte pour chacun de ces deux cas, et peut à juste titre être considérée comme caractéristique.

Nous ferons la comparaison des procédés de prélèvement employés, quand ils sont indiqués par les auteurs. Disons tout de suite que cette comparaison semble prouver que les résultats seraient encore bien meilleurs si l'on avait dans tous les cas,



choisi pour lieu de prélèvement des échantillons, la partie la plus rapide du cours, c'est-à-dire celle qui est le plus à l'abri de l'influence des parties voisines des rives.

Cette étude ne peut en aucune façon être considérée comme un travail complet. C'est une étude préliminaire comparative basée sur des observations journalières faites sur quatre cours d'eau par des observateurs différents et à de longs intervalles de temps. L'auteur ne prétend pas avoir épuisé le sujet. Peut-être des recherches bibliographiques plus complètes eussent-elles amené à trouver d'autres études du même genre. Mais comme une comparaison complète impliquerait des méthodes identiques dans tous les cas, aussi bien pour les procédés de prélèvement que pour les méthodes d'analyse, ce qui n'est pas le cas, il a paru suffisant de se limiter aux quatre travaux considérés vu l'importance des conclusions qui s'en dégagent.

LES MATÉRIAUX UTILISÉS

Rhône. — Sur les conseils d'Edouard Brückner, M. Erich Uetrecht a entrepris l'étude de « l'ablation du Rhône dans son bassin d'alimentation valaisan en 1904-1905 »¹. L'auteur cite en fait de travaux similaires, le travail de Spring et Prost pour la Meuse, et celui de Baëff pour l'Arve. Le titre indique qu'il a eu pour but, comme ses prédécesseurs, l'évaluation de l'ablation.

Le choix du lieu des prises a été guidé par des considérations pratiques, détermination des vitesses et des débits, au voisinage des appareils fixes placés antérieurement par le Service suisse des Eaux. M. Uetrecht s'est assuré par des expériences comparatives, qu'à l'intérieur du tiers moyen du cours, la teneur en *matières suspendues* varie peu, et d'après cela, il a fait des prises au milieu et en surface.

Le dosage des matières dissoutes était fait sur une eau filtrée; une partie des matières colloïdales en suspension était donc retenue sur le filtre, une autre, cela est plus que probable, a pu passer au compte des matières dissoutes.

¹ Erich UETRECHT. *Die Ablation der Rhone in ihrem walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904-1905*. Thèse, Berne (1906).

Arve. — L'étude journalière de l'Arve a été faite au cours de l'année 1890, par Boné Baëff¹, à l'instigation de M. le professeur Duparc, afin de comparer le régime d'un cours d'eau torrentiel avec les résultats obtenus pour la Meuse par Spring et Prost. Le principe des opérations est en tous points le même, avec une seule différence à signaler: on a pris la température ambiante et la température de l'eau.

Les prises d'eau furent effectuées toujours au même endroit, près du confluent du Rhône et de l'Arve. Il n'est pas dit si ces prises étaient faites en surface, dans une partie lente ou rapide, près ou loin des rives.

Les matières en suspension ont été dosées sur filtre taré. Une partie des colloïdes a donc pu passer au compte des matières dissoutes. Celles-ci n'ont pas été analysées.

Elbe. — Les observations journalières, faites sous la direction de M. Ullik², s'échelonnent du 1^{er} octobre 1876 au 15 octobre 1877. Elles avaient pour but la détermination de la quantité totale de matière enlevée au bassin sous la forme de matières suspendues et de matières dissoutes.

Les prélèvements ont été faits en remplissant une bouteille tirée par un canot, de manière à ce que le remplissage soit commencé près d'une rive, et terminé en arrivant à l'autre. La profondeur n'est pas indiquée. Le dosage des matières suspendues se faisait sur un filtre taré. Pour les matières dissoutes on laissait l'eau se clarifier par un repos de 24 heures, mais on ne la filtrait pas. Le résidu sec, déterminé d'abord sans transformation préalable, fut dosé plus tard, à partir du 17 février 1877, après transformation en sulfates.

Les analyses, au nombre de 24, furent faites sur des résidus cumulés par catégories correspondant à des hauteurs limnimétriques arbitrairement choisies.

¹ Boné BAEFF. *Les eaux de l'Arve*. Thèse, Genève, 1891.

² F. ULLIK. Bericht über die Bestimmung der während eines Jahres im Profil von Tetschen sich ergebenden Quantitätsschwankungen der Bestandtheile des Elbenwassers. *Abh. d. Kgl. böhm. Ges. d. Wissensch.* VI. Folge, 10. Band. Prague, 1880.

La caractéristique de ces résidus est une forte teneur en alcalis, représentant pour la somme $K_2O + Na_2O$, environ le tiers du poids de CaO .

Meuse. — La Meuse a été étudiée par Spring et Prost ¹, pour la période du 13 novembre 1882 au 13 novembre 1883, avec détermination journalière de la teneur en matières suspendues et matières dissoutes; le but de l'étude était aussi une évaluation en poids de l'érosion annuelle.

Les prises se faisaient, en moyennes et basses eaux, à 100 mètres en aval du pont de la Boverie à Liège; en temps de crue à 200 mètres en amont de ce pont, cela afin de recueillir les eaux de l'Ourthe dont une partie se déversait là en hautes eaux, et était détournée par un canal de dérivation pour ne se mélanger complètement à la Meuse qu'en aval du premier point mentionné. Disons tout de suite que de cette manière on courait le risque de grossir, dans les évaluations, la part afférente à l'Ourthe. Comme cela se faisait en temps de crue, il y a des chances pour que l'excès ait porté principalement sur les matières en suspension.

La profondeur des prises n'est pas indiquée. L'eau n'était pas filtrée avant la détermination des matières dissoutes, donc les matières colloïdales en suspension s'y ajoutaient en totalité. La teneur en chaux est variable de 33,27 à 39,98. Mais ici encore les analyses portent sur des prises cumulées, de sorte qu'on ne peut trouver aucune corrélation avec les données thermiques journalières. La teneur en alcalis est minime.

En résumé, nous ne trouvons d'unité dans la méthode, entre les quatre travaux examinés, ni dans la manière de faire les prises, ni dans la manière de faire les dosages. Aucun des auteurs n'a eu — cela se comprend étant donné que les travaux sont anciens — la préoccupation d'éliminer complètement les matières colloïdales dont une partie a toujours pu être attribuée aux matières dissoutes.

¹ W. SPRING et E. PROST. Etude sur les eaux de la Meuse. *Ann. Soc. géol. de Belgique*. Tome 11 (1883-84).

Il m'a paru opportun de tenter une interprétation des variations de teneur en matières dissoutes au moyen de courbes annuelles où figurent, d'une part, deux facteurs physiques déterminants, les précipitations et les températures, et d'autre part comme conséquences, les débits, les teneurs en matières suspendues et matières dissoutes en un même point du cours collecteur.

J'ai été amené à cette étude par la considération suivante. A première vue, les matières dissoutes dans une eau douce se composent, pour une très forte part, de carbonates alcalino-terreux, cela dans un grand nombre de cours d'eau dont le bassin d'alimentation est riche en terrains calcaires ou magnésiens. Et on sait depuis longtemps que la proportion de carbonates dissous décroît rapidement, à partir de 0°, quand la température augmente. Des expériences nombreuses ont été faites dans ce domaine, et la littérature est riche. Nous ne citons ici que deux résultats obtenus en partant de conditions très différentes, et qui tous deux montrent que la loi de solubilité du carbonate de chaux est un facteur dominant de la composition des sels dissous dans l'eau.

Carbonate de chaux dissous dans 1 litre d'eau distillée saturée d'acide carbonique		Solubilité de la calcite dans l'eau en contact avec l'atmosphère et sa variation avec la température ³	
0°	0 gr 142 ¹	0°	0 080 pour 1000
7°,5	0 gr 122 ²	30°	0 052
21°,5	0 gr 096	50°	0 038
28°	0 gr 077		

Avant de faire le choix des courbes à tracer, j'ai fait quelques essais dont il convient de dire deux mots.

Il va sans dire que pour évaluer la quantité d'eau tombée, plus on a de stations pluviométriques, plus la moyenne journalière, ou ce qui revient au même, à l'échelle près, les totaux journaliers, donnent une image exacte de l'alimentation d'un

¹ VON ESSEN. *Recherches expérimentales sur la solubilité des carbonates et des bicarbonates dans la série isomorphe RCO₃*. Thèse, Genève (1897).

² GOSSA. *Zeitschrift f. anal. Chemie*. Vol. 8, p. 145 (1868).

³ ROGER C. WELLS. The Solubility of calcite in water in contact with the atmosphere and its variation with temperature. *Journ. Wash. Ac. of Sc.* Vol. 5, n° 18, Nov. 4 (1915).

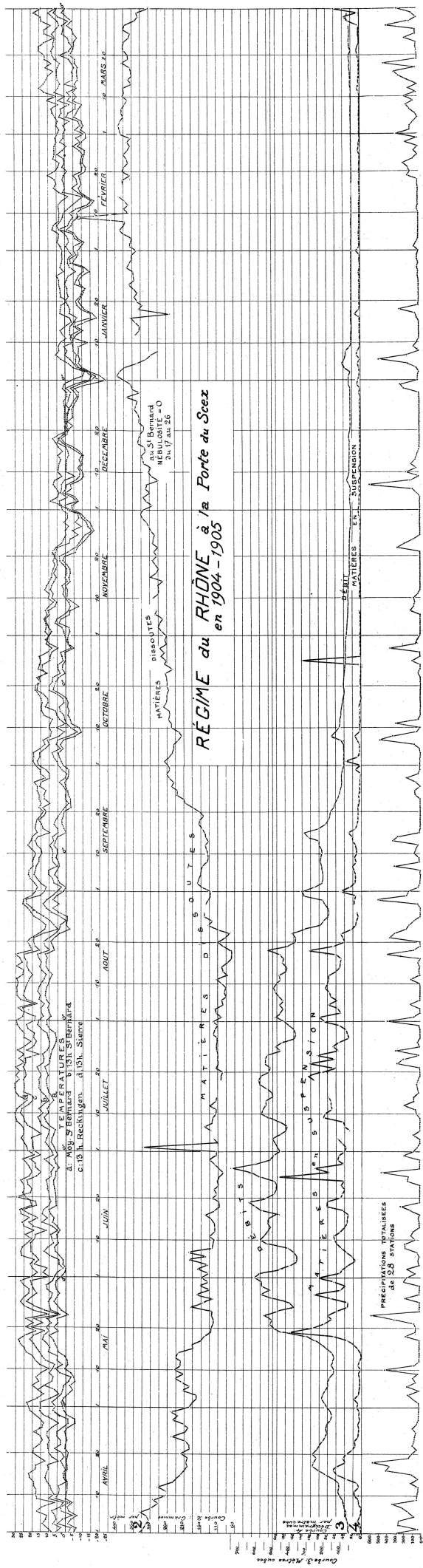
bassin fluvial. C'est ainsi que nous avons pris pour l'Elbe 90 stations, pour la Meuse 110 stations dont 90 sur territoire belge, pour le Rhône 28 stations situées en Valais. Pour l'Arve, malheureusement, on ne possède de données journalières que celles de l'Observatoire de Genève. Il convient de noter ici que pour le Rhône, la relation des crues avec les périodes d'intense fusion de la neige est beaucoup plus marquée qu'une relation avec les précipitations. C'est pourquoi les seules observations pluviométriques de Genève, pour l'ensemble du bassin de l'Arve, ont semblé superflues parce que trop incomplètes.

Pour les températures j'ai tracé quatre courbes. L'une donne la moyenne du Saint-Bernard (altitude 2476 m), les trois autres les températures à 13 heures au Saint-Bernard, à Reckingen (altitude 1337 m) et à Sierre (altitude 541 m). Les quatre courbes montrent un parallélisme remarquable. Il résulte de ces considérations, que pour le bassin du Rhône, on peut indifféremment prendre l'une ou l'autre des courbes, si l'on ne tient pas aux valeurs absolues et si l'on ne veut connaître que les périodes de maxima ou de minima, qui s'expriment exactement de même et par une seule des quatre courbes.

Cette remarque a son importance. En effet, si l'on n'a pas de stations bien installées dans un territoire soumis à l'étude, on peut sans trop de difficulté obtenir l'observation des maxima, ou celle de la température à 13 heures, toujours peu différente.

Il en est de même pour les trois stations de la Meuse: Liège (altitude 63 m), Chimay (altitude 200 m), Bastogne (altitude 545 m). Aussi me suis-je borné pour la Meuse, à la courbe des maxima pour Bastogne, le point le plus élevé, où l'influence des basses températures est la plus marquée. Le maximum fait mieux ressortir le facteur fusion de la neige pendant les heures chaudes.

En ce qui concerne les hauteurs limnimétriques qui donnent la mesure du débit, moyennant la connaissance du profil en travers et un nombre suffisant de mesures préalables d'étalonnage, il est clair qu'il faut donner la préférence à la courbe des débits. A défaut, on en a une image approchée, où les maxima et les minima se placent aux mêmes dates, par la courbe limnimétrique annuelle, tracée par points journaliers.



EXAMEN DES COURBES ANNUELLES

Les courbes du Rhône. — Un fait ressort au premier coup d'œil, avec la plus grande netteté, de l'allure générale de la courbe des températures et de celle des matières dissoutes. Les deux courbes sont très rapprochées en hiver, les basses températures correspondant aux hautes teneurs de l'eau, tandis qu'en été les courbes s'écartent considérablement. Cette allure réciproque, nous la trouverons répétée pour l'Arve. Mais d'autres remarques s'imposent. Lorsque se produit une élévation forte et durable de la température, qui a pour suite une forte fusion de la neige, le fait s'accuse dans les courbes de la rivière par une montée rapide de la teneur en matières suspendues. Ensuite se produit le maximum de débit, et enfin avec un retard considérable — de 8 à 12 jours sur le maximum de matière suspendue — un maximum très net des matières dissoutes. Tel est le cas pour les maxima de matières dissoutes du 25 mai et du 2 juillet. Après cela, on entre pour la haute montagne en régime d'été. La neige a disparu dans les parties basses. Les courbes des températures et des matières dissoutes prennent leur écart maximum qui se maintient jusqu'à fin septembre. Alors, avec la diminution de fusion des neiges, les débits vont décroissant progressivement, la dissolution se concentre lentement. Nous arrivons à la date du 2 janvier 1905 à un maximum, l'un des plus forts de l'année, avec 406 grammes de matières dissoutes, tandis que la courbe des matières suspendues ne montre aucune variation notable. Celle des débits accuse une montée insignifiante, attribuable aux précipitations assez abondantes au Saint-Bernard et à Lavey, les 29 et 30 décembre. Mais il importe de noter ici que du 17 au 26, la nébulosité est zéro au Saint-Bernard, ce qui correspond au milieu de la journée à une très forte insolation. Le maximum de matières dissoutes accuse un retard de 6 jours sur cette période d'insolation. Le retard relativement faible s'explique par la proximité des massifs calcaires helvétiques du bas Valais. La même remarque s'applique au maximum du 9 février (525 gr) précédé, les 6, 7 et 8, par une nébulosité nulle au St-Bernard.

Voyons maintenant, pour les maxima et les minima de matières dissoutes, dans quel rapport ils se trouvent avec les débits.

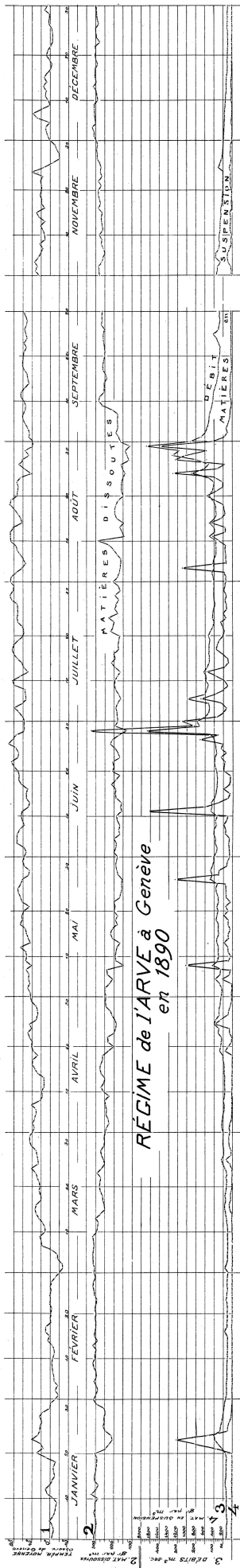
Dates	Maxima mat. diss. gr par m ³	Débit en m ³ par seconde	Dates	Maxima des débits en m ³ par seconde	Mat. dissoutes en gr par m ³
1904			1904		
25 mai. . .	191	381	23 mai. . .	209	176
2 juillet. .	336	471	1 juin . . .	610	155
30 novembre	336	34	10 juin . . .	573	121
1905			19 juin . . .	642	107
2 janvier . .	406	44	27 juin . . .	747	105
9 février . .	525	25	10 juillet. .	570	116
	Minima		18 juillet. .	584	101
1904			2 août . . .	485	99
22 mai . . .	125	512	9 août . . .	492	85
26 juin . . .	95	624	18 août . . .	530	73
18 août . . .	73	530	1 sept. . . .	325	132
1905			15 sept. . . .	316	150
17 janvier . .	249	29	8 octobre . .	149	217
			8 décembre .	55	284
			1905		
			5 janvier . .	85	346

Si l'on juxtapose d'une part les chiffres du 2 juillet et du 30 novembre, d'autre part ceux du 1^{er} juin et du 15 septembre, il ressort clairement que le débit ne joue qu'un rôle tout à fait secondaire dans la concentration des sels dissous.

Les courbes de l'Arve. — Il est dit plus haut que pour ce bassin, il n'a pas été possible, faute de stations en nombre suffisant, de tracer la courbe des précipitations.

Un simple coup d'œil d'ensemble suffit pour voir la très grande analogie entre le Rhône et l'Arve, du fait de l'allure réciproque des courbes de températures et de matières dissoutes.

De plus l'influence de la fonte des neiges, marquée par les maxima de température se répercute à 24 ou 48 heures sur les courbes de débit et de matières en suspension, tandis que les maxima correspondants pour les matières dissoutes apportées



RÉGIME de l'ARVE à Genève en 1890

1 DEBIT
2 MATIÈRES DISSOUTES

SUSPENSION

DEBIT
MATIÈRES

par les eaux d'infiltration, ne se produisent qu'avec des retards de plusieurs jours (une huitaine en moyenne).

Dans le tableau suivant, donnant un certain nombre de maxima et de minima, nous trouvons nettement exprimée l'indépendance de la concentration et du débit.

Dates	Maxima matières dissoutes gr par m ³	Débit m ³ par sec.	Dates	Minima matières dissoutes gr par m ³	Débit m ³ par sec.
1890					
11 janvier .	324	34,5	13 janvier .	283	37,9
20 » .	306	37,9	23 » .	209	97,2
23 mars . .	293	33,4	15 mars . .	250	42,7
15 avril . .	278	46,4	3 avril . .	227	57,2
22 » . .	237	61,4	20 » . .	202	68,9
			25 » . .	189	93,6
3 mai. . .	250	60,0	5 mai. . .	210	91,9
7 » . . .	240	65,9	8 » . . .	150	108,3
15 » . . .	220	75,1	27 » . . .	156	123,9
5 juin . .	200	93,6	11 juin . .	160	119,9
17 » . .	215	84,9	23 » . .	170	95,4
26 » . .	220	95,4	29 » . .	132	469,3
14 juillet. .	216	128,0	20 juillet. .	170	132,1
24 » . .	229	110,1	30 » . .	167	102,6
1 ^{er} août .	204	102,6	6 août . .	165	100,8
10 » .	288	91,8	11 » . .	146	100,8
17 » .	197	91,8	31 » . .	115	473,2
10 sept. . .	284	108,2	15 sept. . .	240	83,3
10 nov. . .	280	72,0	6 nov. . .	250	86,7
20 » .	286	53,0	15 » .	265	64,4
			23 » .	265	51,7
4 décembre	319	44,0	10 décembre	289	37,9
13 »	315	34,5	17 »	305	27,0
20 »	305	26,0	23 »	280	25,1
26 »	301	28,1	27 »	285	27,1

Il suffit d'en extraire les chiffres suivants:

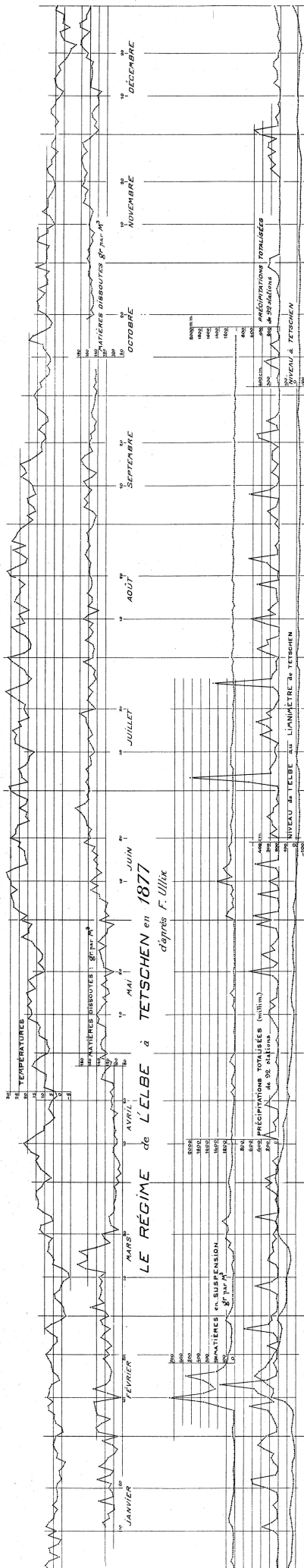
	Débit	Mat. dissoutes	Temp. moyenne à Genève
24 janvier. . .	100,8	308 gr	— 8,77
31 mai . . .	100,8	112 »	+ 2,12
13 août. . .	100,8	170 »	+ 7,28

Il n'y a pas non plus de corrélation visible entre les teneurs et les températures. Mais on s'explique l'excédent de teneur du 13 août relativement au 31 mai, si l'on se reporte à quelques jours en arrière. En effet, on voit dans la courbe des températures, des maxima très marqués qui correspondent à une intense fusion de la neige.

Les courbes de l'Elbe. — Les courbes de l'Elbe ont une allure générale très proche de celles de la Meuse. Du 1^{er} janvier au 10 mars, la courbe thermique tend à se rapprocher de celle des matières dissoutes, avec une opposition très nette d'un minimum de température avec un maximum de matières dissoutes. De là à fin juin, la médiane entre les deux courbes fait une lente ascension. De fin juin au 20 décembre, la courbe des températures passe par une zone de maximum au mois d'août pour s'abaisser de façon progressive en se rapprochant continuellement de la courbe des matières dissoutes. Cette dernière a une allure très tranquille jusqu'au 10 novembre pour devenir, après cette date, un peu plus mouvementée avec une tendance à l'élévation des teneurs. Le rapprochement maximum a lieu le 22 décembre.

Il y a lieu d'insister sur le fait que la courbe des matières dissoutes est sensiblement horizontale de fin juin au 10 novembre. Malgré un fort abaissement de la température moyenne, et malgré de très fortes précipitations le 4 et le 26 juillet, et d'autres à des dates ultérieures, la courbe des matières dissoutes est peu influencée.

Il n'est pas impossible que ce fait doive être attribué à la présence, parmi les sels dissous, de deux groupes de matières dont la loi de solubilité est inverse relativement à la température: les carbonatés alcalino-terreux et les carbonates, ou autres sels alcalins. En outre il convient de relever certaines particularités dignes de remarque.



Le 13 et le 27 février nous avons deux très forts maxima de précipitations, et entre deux un maximum beaucoup plus faible le 23. La courbe des matières dissoutes accuse trois maxima très nets le 3, le 13 et le 16 mars. A ce moment, la courbe des températures fait une montée brusque ce qui entraîne la fusion d'une grande quantité de neige, et comme corrélatif une forte augmentation du débit et une diminution de la teneur en matières dissoutes. Nous verrons tout à l'heure l'intérêt de cette remarque. Du 13 février au 3 mars, nous avons 18 jours, du 23 février au 13 mars 18 jours, du 27 février au 16 mars 17 jours. Ajoutons cette remarque: le 8 et le 24 mars se produisent deux forts maxima de précipitations, sans que nous retrouvions dans les maxima, avec le même retard que précédemment, un point correspondant à ces deux dates. Or ceci s'explique fort bien par le fait qu'une forte montée du thermomètre à partir du 12 mars a pour conséquence une très forte augmentation du débit, qui passe par une zone de maximum du 21 mars au 5 avril.

Nous avons la reproduction du même phénomène au mois de juillet. Quatre maxima de précipitations, le 4, le 14, le 17 et le 26 juillet. Comme corrélatif quatre maxima dans la courbe des matières dissoutes le 19 et le 31 juillet, le 5 et le 10 août. Les retards correspondants sont respectivement 15, 17, 19, 15 jours. Ces retards sont du même ordre que les précédents.

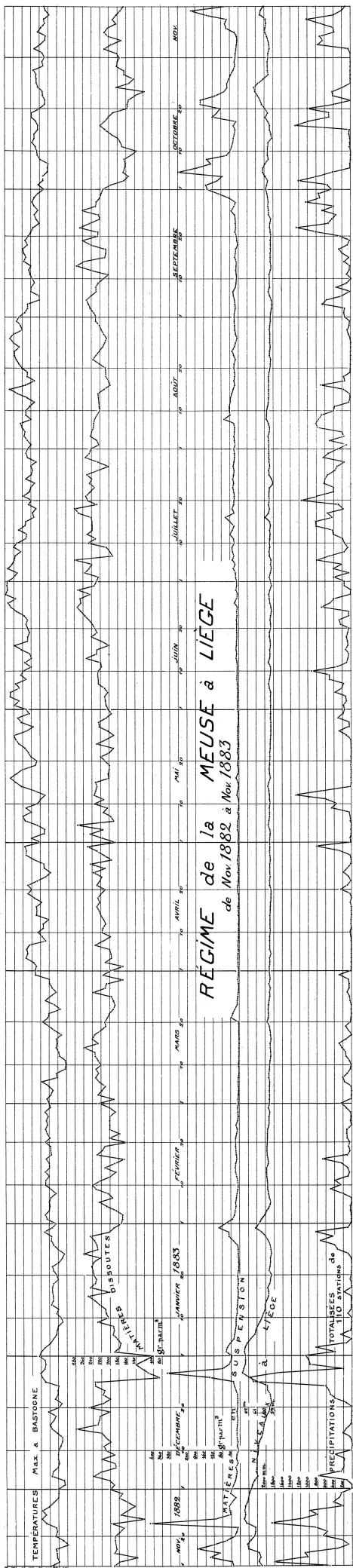
Si l'on admet, ce qui est très vraisemblable, que la dissolution est due en majeure partie aux eaux d'infiltration, le retard s'explique aisément. On comprend aussi qu'on ne trouve pas de correspondance entre *tous* les maxima de précipitations et *tous* les maxima de matières dissoutes. En effet la dissolution a lieu bien loin du lieu d'observation et si, pendant le temps que demande une eau d'infiltration lointaine pour parvenir à ce lieu, il se produit une forte crue — due principalement aux eaux ruisselantes — cette augmentation de débit peut complètement masquer l'influence des eaux d'infiltration quand elles arrivent à Tetschen.

Nous donnons ici une série de chiffres qui montrent en tout cas de façon indiscutable que la teneur en matières dissoutes n'est pas régie par le seul facteur débit.

Dates	Maxima mat. diss. gr par m ³	Hauteurs limnimétr.	Dates	Minima mat. diss. gr par m ³	Hauteurs limnimétr.
1877					
12 février . .	147	+ 260	10 février . .	84	+ 280
			16 » . .	105	+ 420
3 mars . . .	154	+ 124	11 mars . . .	120	+ 88
13 » . . .	184	+ 58	14 » . . .	161	+ 53
16 » . . .	179	+ 70	18 » . . .	109	+ 135
20 » . . .	127	+ 200	21 » . . .	90	+ 210
24 » . . .	111	+ 215			
25 avril . . .	129	+ 85	3 avril . . .	84	+ 228
			29 » . . .	106	+ 62
10 mai . . .	141	+ 22	20 mai . . .	105	+ 24
27 » . . .	136	+ 38	31 » . . .	101	+ 15
10 juin . . .	156	+ 1	12 juin . . .	130	— 3
27 » . . .	180	— 37			
19 juillet . .	181	— 23	10 juillet . .	146	— 12
			27 » . . .	143	— 31
10 août . . .	171	— 22	12 août . . .	137	— 19
25 » . . .	168	— 40			
11 sept. . .	172	— 42	3 sept. . . .	143	— 44
16 » . . .	178	— 40	13 » . . .	143	— 41
25 nov. . . .	179	— 41	8 nov. . . .	149	— 26
6 décembre	155	— 2	2 décembre	141	— 5
22 »	182	— 42	11 »	134	— 5
27 »	185	— 7	25 »	163	— 19

Nous avons donc 184 grammes par mètre cube et + 58 au limnimètre le 13 mars, et 185 grammes avec — 7, le 27 décembre. Le 25 avril 129 et + 85, le 12 juin 130 et — 3. Le 15 février, le limnimètre atteint un maximum avec 468 et 107 de matières dissoutes, tandis que le 13 janvier nous avons + 54 au limnimètre et 109 de matières dissoutes.

Il n'en faut pas dire plus pour prouver que le débit n'est pas seul à régler la concentration de la solution.



Les courbes de la Meuse. — Du 1^{er} janvier au 14 mars, la courbe moyenne des matières dissoutes monte légèrement et atteint à la culmination d'une zone de maximum son plus fort rapprochement de la courbe des températures. Nous avons vu une allure toute pareille des courbes de l'Elbe. A partir de là, les deux courbes s'éloignent, et leur ligne médiane monte faiblement jusqu'à fin juin. De là jusqu'à la fin des maxima de température du mois d'août, la ligne médiane des deux courbes reste sensiblement horizontale. A fin septembre nous avons une zone de maxima des matières dissoutes, puis en octobre deux minima très accusés. A partir de là, une très forte montée de la concentration, avec des températures proches de zéro, amène un rapprochement maximum des deux courbes vers le 15 décembre.

Dates	Maxima mat. diss. gr par m ³	Hauteurs limnimétr.	Dates	Minima mat. diss. gr par m ³	Hauteurs limnimétr.
1882 4 décembre	239	60,9	1882 6 décembre	187	61,05
20 »	249	59,5			
1883 2 janvier .	190	62,4	1883 1 ^{er} janvier	102	62,3
10 février .	239	59,7	20 février .	160	59,7
14 mars . .	260	59,4	24 mars . .	188	59,6
1 ^{er} avril .	197	59,5	2 avril . .	169	59,5
5 mai . .	273	59,6	6 mai. . .	190	59,5
25 juin . .	273	59,3	16 juin . .	200	59,3
6 juillet. .	279	59,2	28 juillet. .	202	59,4
22 août . .	236	59,2	16 août . .	196	59,5
4 sept. . .	246	59,1	11 sept. . .	201	59,4
26 »	260	59,5			
25 octobre .	184	61,2	24 octobre .	117	61,1

Ici, il n'y a, entre les maxima de précipitations et les maxima de matières dissoutes, aucune corrélation comparable à ce que nous avons vu pour l'Elbe; il convient de rappeler que les prises étaient faites en deux points différents selon les hauteurs limnimétriques, tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre. La part de l'Ourthe, et plus particulièrement sa part d'eaux ruisselantes a pu altérer beaucoup les teneurs moyennes du fleuve.

Le débit, ici aussi, ne paraît pas être le facteur déterminant de la concentration. Nous avons 239 grammes le 4 décembre 1882 et le 10 février 1883 avec des hauteurs correspondantes de 60,9 et de 59,7, c'est-à-dire une différence de 1,20 m. De même, le 6 décembre 1882 nous avons un minimum de 187 grammes avec 61.05 m au limnimètre, et le 1^{er} mai 1883, 187 grammes et une hauteur de 59.4 m. Les différences s'accuseraient beaucoup si l'on prenait les débits. Il convient de noter, cependant que pour la Meuse, l'indépendance des deux facteurs est moins apparente.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Si l'on compare nos quatre diagrammes quant à leurs caractéristiques générales, il est hors de doute que nous avons deux types très différents.

Le type à régime glaciaire dominant.

Le type à régime pluvial dominant.

La distinction a été faite depuis longtemps au point de vue des périodes de crue. Mais il est intéressant de constater que des courbes tracées en 1890 pour l'Arve et en 1905 pour le Rhône donnent des résultats tout à fait comparables et de même les courbes de 1877 pour l'Elbe et de 1883 pour la Meuse.

Dans le régime glaciaire le facteur température est le principal régulateur aussi bien pour le débit que pour les matières dissoutes. Il semble démontré, quoique la chose n'apparaisse pas de manière constante, qu'il y a lieu de faire une distinction entre les eaux ruisselantes et les eaux d'infiltration. Les premières, plus rapides, font apparaître leur influence dans la courbe des matières en suspension avec de faibles retards, de

24 à 48 heures. Les eaux d'infiltration n'ont leur répercussion dans la concentration qu'avec des retards beaucoup plus forts.

Dans le régime pluvial, nous apercevons aussi plus nettement pour l'Elbe que pour la Meuse, le partage en eaux ruisselantes et eaux d'infiltration. Ici l'influence du facteur température est moins visible. Rappelons que le point des prises d'échantillons, pour la Meuse, n'a pas été toujours le même, et que de ce fait les résultats ne sont pas comparables au même titre que les résultats pour l'Arve et le Rhône.

D'autre part, une remarque générale s'impose. Les quatre cours d'eau ont été étudiés avec la préoccupation exclusive d'évaluer l'ablation dans le bassin d'alimentation. Tous les auteurs ont admis, semble-t-il, sans contrôle, que la teneur en matières dissoutes est la même en tous les points d'une même section d'une rivière. Or il suffit d'avoir vu le confluent du Rhône et de l'Arve pour savoir qu'à deux kilomètres en aval de leur confluent, les eaux de l'Arve et du Rhône sont loin d'être complètement mélangées. Sans recourir à des preuves expérimentales, citons simplement ce fait bien connu qu'à Aire, on constate facilement une différence de température entre les deux rives du Rhône. Cette remarque infirme la valeur des chiffres concernant la Meuse, où les prises n'ont pas toujours été faites au même endroit.

Si donc on veut faire de telles études en vue d'une comparaison des résultats obtenus pour plusieurs cours d'eau, il importe de procéder de la même manière dans tous les cas. Il importe de faire les prises en un lieu où l'on soit sûr d'un mélange parfait de l'eau après le dernier confluent. Afin d'être à l'abri de l'influence d'apports provenant des rives, il paraît indiqué de faire la prise toujours dans la partie la plus rapide du cours, après l'avoir déterminée expérimentalement. Ce filet peut fort bien se trouver en deux points différents d'un même profil, en hautes et basses eaux. Ce filet rapide est certainement celui qui est le plus à l'abri de l'influence immédiate des rives. Enfin, il est nécessaire de se débarrasser complètement des matières colloïdales qui doivent être comptées avec les matières en suspension, et non avec les matières dissoutes.

La comparaison entre plusieurs cours d'eau soumis à peu près

au même régime thermique serait singulièrement plus expressive si l'on faisait toutes les mesures la même année, donc avec des courbes de température peu différentes pour les différents bassins. Le rôle des autres facteurs ressortirait d'autant mieux.

Il n'est pas hors de propos de rappeler, en terminant, que M. A. Delebecque¹, dans ses études sur les lacs alpins, fait cette remarque que toujours, entre 10 et 15 mètres, il y a un saut brusque, aussi bien pour la température qui s'abaisse, que pour la teneur en carbonates dissous qui augmente. Dans les explications qu'il a cherchées de ce fait, il a songé avec M. le Professeur Duparc à une consommation, en surface, du carbonate de chaux par les organismes. Ensuite il a fait intervenir la loi de Schloësing, d'après laquelle la proportion de bicarbonate dissous dépend de la tension de l'acide carbonique dans l'atmosphère.

On se demande si un autre facteur n'intervient pas, de façon plus simple. Les lacs alpins sont tous, ou à peu près, alimentés par des affluents superficiels et par des eaux d'infiltration profondes, dont une bonne partie provient des graviers interglaciaires. Celles-ci, plus froides et plus riches en sels dissous, ne se mélangent qu'incomplètement aux apports superficiels, et s'en vont au fond, simplement en vertu de leur densité plus grande.

¹ A. DELEBECQUE. *C. R. Ac. Sc. Paris*, Vol. 117, 20 nov. 1893, p. 712. *Ibid.* Vol. 118, 2 janv. 1894, p. 36. *Ibid.* Vol. 120, 8 avril 1895, p. 790.