

DIVISION

**hydrologie**

DES RESSOURCES EN EAU

*Mesure des Debits par les Methodes*

*De Dilution En Tunisie*

*Bilan Des Essais. Perspectives*

MESURE DES DEBITS PAR LES METHODES

DE DILUTION EN TUNISIE

BILAN DES ESSAIS - PERSPECTIVES

1976

S O M M A I R E

I .- Introduction

II .- Principe et méthodologie des jaugeages chimiques.

III.- Les essais effectués

IV .- Les perspectives d'utilisation des jaugeages chimiques

V .- Conclusion

- References bibliographiques

IV .- Annexe

2-a/ jaugeages chimiques effectués le 23/02/1971  
sur la Mejerdah à la station Jedaida Pvf.

2-b/ jaugeage chimique n°1 du Miliane au pont de la Madeleine.

2-c/ jaugeage chimique n°2 du Miliane au pont de la Madeleine.

S. BOUZAIANE  
Ingénieur Principal  
Responsable du Secteur  
Zéroud Merguellil.

J. CLAUDE  
Hydrologue O.R.S.T.O.M.  
Convention B1

MESURES DES DEBITS PAR LES METHODES  
DE DILUTION EN TUNISIE  
BILAN DES ESSAIS - PERSPECTIVES

---000---

I.- INTRODUCTION /

Les méthodes de jaugeages des cours d'eau par dilution d'un traceur chimique diffèrent totalement des méthodes hydrauliques habituelles. Développées en France, essentiellement par la DTG-EDF dans les Alpes, ces méthodes offrent des avantages évidents pour les mesures sur des rivières à écoulement turbulent et instable en ce sens qu'elles donnent une valeur directe du débit sans qu'il soit nécessaire de connaître la répartition des vitesses et la géométrie du lit du cours d'eau ; la simplicité et la légèreté de mise en oeuvre sur le terrain sont des avantages supplémentaires qui ont très vite attiré l'attention des hydrologues en Tunisie sur ces méthodes.

Dès 1969 un premier lot de matériel fut disponible et permit de réaliser des essais ; il semblait alors que la mesure des débits sur un certain nombre de stations hydrométriques particulièrement délicates à étalonner serait réalisée avec une grande économie de temps et de matériel.

Cependant, les essais réalisés sont restés pour le moment au stade des tests de validité des méthodes ou de démonstrations d'information ; il y a plusieurs raisons à cela : tout d'abord les hydrologues du Service Hydrologique étaient relativement peu nombreux et occupés à des tâches toujours très urgentes qui leur laissaient peu de temps pour les expérimentations, ensuite, si la méthode de jaugeage par dilution est rapide et simple, elle demande beaucoup de précautions pour sa réalisation sur le terrain donc un personnel déjà bien expérimenté et surtout les échantillons prélevés doivent être ramenés rapidement au laboratoire pour y être analysés ce qui implique un retour rapide du lieu de jaugeage chose qui n'est pas toujours possible en temps de crues.

Enfin, le matériel d'injection du traceur est assez volumineux dès que l'on veut jauger des débits de l'ordre de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , et il n'existe pas en de nombreux exemplaires actuellement ce qui empêche un développement systématique de ces mesures sur le réseau hydrométrique.

L'intérêt de ces méthodes cependant demeure et elles seront développées et appliquées plus systématiquement à des cas bien précis. Notre objectif ici est de faire le bilan des essais déjà effectués en faisant apparaître les difficultés qui ont surgi lors de leur application et par là même les limites d'emploi de ce mode de jaugeage ; nous exposerons ensuite les possibilités d'extension de cette méthode que nous pensons pouvoir développer, en particulier avec l'emploi d'un traceur non polluant et utilisable en quantité très réduite, le chlorure de lithium qui semble avoir de très gros avantages sur le Bichromate de Sodium habituellement employé.

II.- PRINCIPE ET METHODOLOGIE DES JAUGEAGES CHIMIQUES /

Il s'agit de quantifier dans une section de prélèvement la dilution réalisée par la rivière jaugée d'une solution concentrée d'un traceur chimique injecté dans une section amont dite de ce fait section d'injection, au cours de son passage dans le bief limité par ces deux sections, le bief de mesure doit être choisi tel qu'il réalise un brassage total de la solution concentrée avec l'eau de la rivière c'est à dire qu'on devrait obtenir la même concentration de traceur en tout point de la section de prélèvement.--

.../...

1/- Les modes d'injection

a/ injection à débit constant ou injection continue :

L'injection de la solution concentrée en traceur dite solution mère se fait à débit constant pendant une durée estimée suffisante (...II-2-b).

Le débit Q de la rivière se calcule en écrivant qu'après établissement du régime permanent de dilution, le débit massique en traceur reste constant entre la section d'injection et la section de prélèvement.

appelons :

- Q : débit du cours d'eau jaugé
- c : concentration obtenue à la section de prélèvement
- q : débit constant d'injection
- C : concentration de la solution mère

l'équation est alors :

$$Qc = qC \text{ d'où } Q = q \frac{C}{c} = qD$$

$\frac{C}{c} = D$  : dilution réalisée par le cours d'eau, est déterminée au laboratoire par comparaison des échantillons prélevés, à la solution mère.

b/ Injection globale ou par intégration :

L'injection de la solution mère se fait instantanément ; les prélèvements sont effectués pendant tout le temps de passage estimé du nuage salin ; l'équation du jaugeage exprime alors la conservation de la masse injectée jusqu'à la section des prélèvements.

$$M_i = M_p$$

appelons :

- V : Volume de la solution mère injectée
- C<sub>i</sub> : Concentration de la solution mère
- C<sub>p</sub> : Concentration instantanée à la section de prélèvement
- C<sub>pm</sub> : Concentration moyenne dans la section de prélèvement
- t<sub>1</sub> et t<sub>2</sub> : début et fin des prélèvements
- t et t' : début et fin du temps de passage du nuage salin
- T = t - t' : temps de passage du nuage salin.

L'équation s'écrit :

$$M_i = VC_i = Q \int_{t_1}^{t_2} C_p dt \text{ si la condition de bon mélange est réalisée.}$$

$$VC_i = Q \int_{t_1}^{t_2} C_p dt$$

$$VC_i = Q \int_{t_1}^{t_2} C_p dt + Q \int_{t'}^{t} C_p dt + Q \int_{t'}^{t_2} C_p dt$$

$$VC_i = 0 + Q \int_{t'}^{t} C_p dt + 0$$

$$VC_i = Q \int_{t'}^{t} C_p dt = C_{pm} \times T$$

$$\text{donc } VC_i = Q C_{pm} \times T$$

$$\frac{C_i}{C_{pm}} = \frac{QT}{V} = D_i$$

Di est la dilution moyenne réalisée par la rivière elle se détermine au laboratoire par analyse de tous les échantillons prélevés.

## 2/- Les durées de l'opération de prélèvement

### a/ Cas de l'injection Globale :

La durée de l'opération de prélèvement doit être au moins égale à deux fois le temps de passage estimé du nuage salin.

### b/ Cas de l'injection continue ou à débit constant :

La durée de prélèvement dépend de la durée d'injection qui elle, doit être choisie pour s'assurer que l'on atteindra le régime permanent de dilution.

N.B. Les débuts et fins de l'opération de prélèvement sont déterminés approximativement à partir de la vitesse moyenne estimée d'écoulement dans la rivière

## 3/- Les modes de prélèvement

Les modes de prélèvement sont assez variés et plus ou moins faciles à mettre en oeuvre.

### a/ Prélèvements d'échantillons discontinus :

C'est de loin la méthode la plus usitée parce que très facile à mettre en oeuvre, elle ne nécessite que plusieurs bouteilles de prélèvements qu'on prendra soin de numérotter auparavant ou même pendant le déroulement de l'opération de prélèvement, ce mode de prélèvement est aussi bien valable pour l'injection continue que globale.

### b/ Prélèvement d'un échantillon moyen :

Le prélèvement se fait à débit constant pendant une durée englobant le temps de passage estimé du nuage salin, nous avons alors un seul échantillon à analyser et le débit est donné par

$$Q = \frac{V}{T} \cdot D_i$$

$D_i$  : dilution réalisée par la rivière

$T$  : temps de prélèvement

$V$  : volume de la solution mère injectée

Toutefois on peut parfois par une mauvaise estimation du temps de passage avoir un échantillon trop dilué, il existe des procédés pour remédier à cela : reconcentration au laboratoire, utilisation d'un réactif pour détecter l'arrivée du nuage salin (cf III 2-b).

Ce mode de prélèvement n'est praticable que dans le cas d'injection globale.

### c/ Prélèvement de plusieurs échantillons moyens :

On utilise pour ce faire un dispositif de prélèvement à débit constant de plusieurs échantillons moyens, les prélèvements commencent au même moment et s'arrêtent successivement à des temps  $t_1, t_2 \dots t_n$  selon que ce temps de passage a été plus ou moins bien estimé le débit vrai de la rivière sera donné soit directement par tout ou une partie des échantillons soit par une extrapolation de la courbe  $Q(t)$ .

## 4/- Les traceurs utilisés

### a/ Le bichromate de Sodium $Na_2 Cr_2 O_7$

C'est le traceur le plus fréquemment utilisé, très soluble dans l'eau (environ 600 g/l) - Il est cependant d'un emploi délicat.

- assez toxique à l'état pur

- la limite de détection au colorimètre (0.2 mg/l) impose l'utilisation de grandes masses pour les forts débits à titre d'exemple : pour jauger un débit de 1000 m<sup>3</sup>/s avec une concentration moyenne finale de 0.5 mg/l) et un temps de passage de 30' il faudrait 900 kg de  $Na_2 Cr_2 O_7$  soit 1800 l de solution mère à 500 g/l.

L'analyse des échantillons au laboratoire se fait par colorimétrie.

.../...

b/ Le chlorure de Sodium :

Celui qui n'est utilisable que pour les eaux très peu salées et à très faibles débits.

L'analyse des échantillons se fait soit par conductivimétrie soit par dosage du chlore.

c/ Le Chlorure de Lithium :

Ce traceur récemment expérimenté offre de nombreux avantages : solubilité à 630 g/l, détection aisée des très faibles concentrations (0.0005 mg/l), absence de toxicité.

L'analyse au laboratoire se fait soit par

- Spectrométrie d'absorption atomique
- Spectrométrie d'Emission de flamme

Le Spectrométrie d'Emission de flamme : en flamme ait acétylène peut détecter des concentrations de l'ordre de 0,0005 ppm : pour jauger 1000 m<sup>3</sup>/s en estimant un temps de passage de 30' et pour une concentration moyenne finale de 0,0005 mg/l il suffirait de 0,9 kg de chlorure de Lithium.

d/ Plusieurs autres traceurs existent nous les citons à titre documentaire (sans parler des traceurs radioactifs).

- La Rhodamine B (C<sub>28</sub> H<sub>31</sub> Cl N<sub>2</sub> O<sub>3</sub>)  
Solubilité 10 à 20 g/l détection  $2 \times 10^{-4}$  mg/l
- Le sulfate de Manganèse (Mn sou, 4H<sub>2</sub>O)  
Solubilité 86 g/l détection 10<sup>-2</sup>mg/l indésirable dans les eaux
- le chlorure de zinc  
Solubilité 432 g/l détection 10<sup>-2</sup>mg/l (Toxique).

III.- LES ESSAIS EFFECTUES /1/- Chronologie des expériences :

Plusieurs essais de jaugeage chimique ont été effectués par les hydrologues de la division des ressources en eau.

a/ essai du 22-23 Septembre 1969 :

A l'occasion de la tournée annuelle du personnel du Service Hydrologique et profitant d'une lachure du barrage Mellègue, un essai au bichromate a été effectué à titre démonstratif, malheureusement les dépouillements au laboratoire n'ont pu avoir lieu, tout le personnel était occupé par les crues survenues deux jours après.

b/ essai du mois d'Avril 1970 :

MM. DUBEE et CALDE ont effectué une injection continue d'une solution de bichromate de Sodium pour jauger le débit d'une vanne du barrage de Nebhana, le débit jaugé était de 1,425 m<sup>3</sup>/s confirmé par un jaugeage très précis au moulinet.

c/ essai du 16/12/1970 :

Mr. EOCHE DUVAL effectue une injection continue d'une solution de chlorure de Sodium sur la source Aïn Soltane (La Kesra) le choix de chlorure du Sodium comme traceur a été adopté car les eaux étaient très peu salées (0,4 g/l et le débit très faible (0,8 l/s).

d/ essai du 23/02/1971 :

Le débit jaugé est de l'ordre de 90 m<sup>3</sup>/s  
Le traceur utilisé est le bichromate de Sodium  
(voir III-2-a- jaugeage chimique de la Medjerdah - DUBEE).

e/ essai du mois de Septembre 1973 :

Le débit jaugé est de l'ordre de 50 m<sup>3</sup>/s  
Le traceur utilisé est le bichromate de Sodium  
(voir III-2-b- jaugeage chimique n°1 du Miliane au Pont Madeleine -S.BOUZAIANE).

.../...

f/ essai du mois d'Octobre 1973 :

Le Débit jaugé est de l'ordre de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Le traceur étant toujours de dichromate de Sodium  
 (Voir III-2-c- jaugeage chimique n°2 du Miliane - S. BOUZAIANE).

g/ essai du mois de Décembre 1973 :

En Décembre 1973 Mr. BOUZAIANE effectua une demonstration du jaugeage chimique aux équipes hydrologique de Ghardimaou et Bou Salem : ce jaugeage a eu lieu sur l'Oued Hammam à la station Bain Romain. Injection globale ; prélèvements discontinus et échantillon moyen, le débit jaugé était estimé à  $20 \text{ l/s}$ . Le Traceur utilisé est le bichromate de Sodium.

h/ essai du 27/Novembre 1975 :

Il a été effectué sur le bassin versant de l'Oued Sidi Ben Naceur par (MM. CLAUDE, GHORBEL, CLAUDE, FERSI, GHANNOUCHI, CHARTIER - BOUZAIANE).

C'est le premier essai avec le chlorure de Lithium comme traceur, deux jaugeages ont été faits a des débits faibles l'un à la station avale par injection continue (30') l'autre à la station amont par injection globale de deux litres de solution mère à  $0,35 \text{ g/l}$  - les dépouillements au laboratoire sont en cours mais ont posé des problèmes techniques non encore résolus.

2/- Les expériences

Nous reprenons dans le détail en annexe la description des trois expériences ayant donné des résultats concluants.

a/ jaugeages chimiques effectués le 23/02/1971 :

Sur la Mejerdah à la station PVF - G. DUBEE - pages : 8 à 11

b/ Jaugeage chimique N°1 du Miliane au Pont Madeleine  
 S. BOUZAIANE. - pages : 12 à 16

c/ jaugeages chimiques N°2 du Miliane au Pont madeleine  
 S. BOUZAIANE. - pages : 16 à 21

IV.- PERSPECTIVES D'UTILISATION DES JAUGEAGES CHIMIQUES /

Les quelques essais déjà effectués ont montré que les jaugeages chimiques étaient tout à fait applicables dans les conditions de travail existant en Tunisie. Toutefois les problèmes qui ont été soulevés à l'occasion des essais et que nous avons mentionné plus haut ne doivent pas être ignorés et avant de développer systématiquement ce mode de mesures il convient encore de mettre au point la méthodologie - Nous pensons à l'avenir orienter les travaux dans deux directions.

1/- Utilisation du chlorure de Lithium

Ce traceur récemment expérimenté (Ref. B6) offre de nombreux avantages sur le Bichromate de Sodium plus couramment utilisé - l'avantage principal est la réduction notable de la quantité de solution à injecter, ce qui est intéressant pour le jaugeage de forts débits par la méthode globale. En principe, l'analyse au laboratoire, par spectrométrie d'émission de flamme air-acétylène ne devrait pas poser de problème (cf Ref B6) Cependant, les mesures faites sur les échantillons prélevés, le 27/11/75 à l'Oued Sidi Ben Naceur ne semblent pas confirmer ce qui en était attendu.

La concentration la plus faible détectée à été de 0,02 mg/l (et non 0,0005), et de plus l'eau de la rivière prise avant le jaugeage a provoqué une déviation du spectrophotomètre nettement supérieure à celle de la solution à 0,02 mg/l (de même que l'eau du robinet) - Ceci nous amènera à revoir le procédé de dépouillement de plus près - Remarquons que dans le cas où des concentrations en Lithium non négligeables se trouveraient à l'état naturel dans les eaux de rivière, il faudrait pour chaque jaugeage réaliser une gamme de dilution à partir de l'eau de la rivière comme cela se fait pour le bichromate de Sodium ; ainsi le dépouillement serait tout aussi long que par colorimétrie ; il faudrait de plus que cette concentration naturelle dans les eaux ne soit pas trop variable au cours d'une même crue. Sinon nous serons obligés d'utiliser des quantités de traceur beaucoup plus importantes que prévues - Des précisions sur l'utilisation de ce traceur seront apportées après d'autres essais.

## 2/- Jaugeages chimiques à débits variables

Hypothèse sur la variation des concentrations pour une injection à débit constant et un débit de la rivière rapidement variable.

L'application de la méthode d'injection à débit constant suppose que le débit à mesurer soit constant pendant la durée de la mesure afin que l'on puisse détecter un palier sur la courbe des concentrations en fonction du temps. Un fois le palier atteint on a donc un régime permanent où un débit  $q$  de solution à la concentration  $C$  se mélange au débit  $Q$  de la rivière pour donner une concentration  $c$  constante.

Dans le cas, où la section de mesure choisie satisfait à ces conditions de bon mélange mais où le débit de la rivière  $Q$  serait rapidement variable, nous formulons l'hypothèse suivante :

-la concentration  $C_i$  d'un échantillon prélevé à l'instant  $t_i$  ne dépend que du débit  $Q_i$  à l'instant  $t_i$  dans la section de prélèvement, ce qui implique que les variations de débit se repercutent directement sur les concentrations des échantillons prélevés.

Au lieu d'observer un palier de concentration pour un débit constant, on ne mesurerait que des points sur des "paliers théoriques" correspondant aux débits instantanés  $Q_i$  ; cela suppose que le temps nécessaire à la réalisation du mélange soit court par rapport au temps de passage théorique du nuage salin, et obligatoirement inférieur au temps de propagation du débit entre la section d'injection et la section de prélèvement.

Les échantillons prélevés à l'instant  $t_i$ , pour une côte à l'échelle  $H_i$ , seraient représentatifs d'un état  $E_i (Q_i, C_i, H_i, t_i)$  de l'écoulement dans la rivière. Les liaisons entre ces variables, connues en fonction du temps au cours de la crue, permettraient d'établir les courbes  $Q = f(t)$  -  $H = f(t)$  et  $Q = f(H)$  soit l'hydrogramme, le limnigramme et la courbe d'étalonnage de la section de prélèvement, ce qui est le but ultime des opérations de jaugeages.

Il est évident que cette hypothèse doit être vérifiée par des expériences sur le terrain, où l'on choisira une station dont la courbe d'étalonnage est déjà connue et stable, et où les conditions de mise en oeuvre de ce mode de jaugeage soient faciles - (débits assez faibles, jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/s, possibilité de contrôle par des jaugeages au moulinet).

.../...

## V.- CONCLUSION /

Alors que dans certaines conditions d'écoulement (forts débits, grandes vitesses, fortes turbulence, fonds rocheux, des jaugeages avec le matériel classique soumettent à rude épreuve ce matériel, la méthode de jaugeage chimique ne peut que s'accomoder de ce genre de conditions ; en fait elles favorisent le bon brassage de la solution injectée : condition sinequa non de validite d'un jaugeage chimique.

Toutefois si attrayante soit-elle l'utilisation de ce procédé de jaugeage pour les Oueds de Tunisie necessite encore un approfondissement tant sur le plan théorique que sur le plan pratique, en effet, plusieurs problèmes restent à élucider.

Nous citons : l'influence des transports solides sur l'analyse colorimétrique, la nature chimique de matériaux transportés pouvant avoir des repercussions sur la concentration en traceurs, l'influence de la durée separant le moment de prélèvement et celui de l'analyse, les conditions de conservation des échantillons, et l'écart séparant les températures de prélèvement et de l'analyse tout ces phénomènes peuvent entrainer une variation de la concentration de l'échantillon (d'où une valeur erronée du débit) soit par absorption, reduction, recristallisation ou phénomènes semblables - et si nous ne pouvons supprimer les causes primaires de ces variations nous devons au moins établir quantitativement l'influence de chacun de ces facteurs.

Mais le problème le plus pressant à résoudre est celui de la variation rapide du plan d'eau phénomène très frequent sur les Oueds de Tunisie.

Nous avons alors dans le but, de vérifier l'hypothèse émise (cf : IV-2.) et pour adapter cette technique de jaugeage aux gros débits de l'ordre de  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  à  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  choisi deux sites où nous comptons continuer les expériences.

-Le premier site est situé sur le Bassin Versant de l'Oued Sidi Ben Naceur (près de Sejnane), les sections de jaugeages sont déjà étalonnées et les débits de crue sont faibles ( $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) celui-ci servira aux études fines et à la confirmation de l'hypothèse émise .

-Le deuxième site est situé sur le Bassin Versant de l'Oued Zéroud les sections d'injection et de prélèvement sont respectivement Ksar Kébrit et Sidi Saâd, ce site servira à adapter la méthode aux jaugeages des gros débits.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - A.F.N.O.R. : Mesure de débit de l'eau dans les chenaux. Méthodes de dilutions utilisant des traceurs non radioactifs. Décembre 1971.
- 2 - H. ANDRE : Hydrométrie pratiques des cours d'eau - Jaugeage par la méthode de dilution. EDF - DTG - 1961.
- 3 - S. BOUZAIANE : Jaugeages chimiques du Miliane : Ref. Rapport général des deux années d'étude à l'ORSTOM. Juin 74.
- 4 - S. BOUZAIANE : Bilan et perspectives des jaugeages chimiques en Tunisie. Juin 74.
- 5 - G. DUBEE : Note technique sur le modes opératoires des jaugeages chimiques. Avril 71
- 6 - ECREMENT, BURELLI : détermination du Lithium dans les eaux par spectrométrie d'absorption atomique et d'émission de flamme : utilisation du Lithium comme traceur en hydrologie. Octobre 74

A N N E X E

III-2- a/ Jaugeage chimique effectué le 23/02/1971 sur la Medjerda

Station Djedeïda P.V.F

Le tronçon choisi est compris entre le pont de la route de Mateur et le pont de la voie ferrée distant de 3 km 700 environ d'après la carte au 1/50.000, nous n'avions pas de Fluoresceïne pour connaître les temps de parcours, d'arrivée et de disparition du nuage.

Après deux essais infructueux aux flotteurs (petits cubes de bois points en rouge) nous avons décidé de calculer le temps probable de parcours en évaluant la vitesse moyenne de l'eau entre 1 et 1,5 m/sec. Le temps d'arrivée fut ainsi estimé à 40 minutes environ.

A 8H30 le 23/2/1971 la cote à l'échelle de crue du PVF est 4,45m, la courbe de tarage nous donne 130 m<sup>3</sup>/s pour une hauteur à l'échelle de 340, nous estimons le débit à 250 m<sup>3</sup>/s pour la hauteur de 445.

100 Kg de bichromate furent dilués dans un fut de 200l ; après avoir bien brassé et prélevé 2 flacons de solution le récipient fut installé prêt à être versé dans la rivière.

(Un étalonnage fut effectué par la suite, les repères à l'intérieur du fut indiquant le niveau de la solution nous permirent d'évaluer le volume à 176 litres 46)

(volume mesuré à l'aide d'un débit constant connu obtenu avec un diaphragme et un vase à niveau constant).

A la section de prélèvement, plusieurs modes de prélèvements furent testés  
1/M.KALLEL: 2 opérateurs prélevaient toutes les 3 mn puis toutes les 5 mn à l'aide d'un seau au pont VF près de l'arche centrale et remplissaient les bouteilles de prélèvement avec ce seau.

2/- M.COLMBANI et 1 opérateur sur la berge prélevait de façon continue pendant un temps supérieur au temps de passage l'eau de la rivière avec un tube à essai vidé dans un jerrican de plastique de 20l.

3/- M.EOCHE-DUVAL, sur la berge RD avec une pompe à essence de voiture fixée sur une planchette munie de 2 tubes de plastique pour l'aspiration et le refoulement dans un jerricane de 20l.

Le pompage de l'eau de rivière était effectué toutes les minutes en actionnant 10 fois le levier de la pompe.

4/- M.DUBEE sur berge RD avec une micro pompe entraînée par un moteur d'essuie glace alimenté par une batterie de 12 volts le tuyau d'aspiration était muni d'une crépine ancrée près du bord rive droite avec une ancre de bateau.

Le refoulement à débit constant était réglé par un vase à niveau constant muni d'un ajustage de 2 cm<sup>3</sup>/sec installé au-dessus du goulot d'un jerrican de 20l.

En aval des mesures furent effectuées à une section matérialisée par un câble tendu au-dessus de l'Oued, au moyen d'un moulinet monté sur saumon à partir d'un bateau pneumatique OTT.

A l'heure H1, 13H45 la solution fut injectée et nous avons décidé de commencer les prélèvements 30 mn après l'injection et de les poursuivre pendant 45 mn.

A H2, 14H11 est effectué le premier prélèvement à l'aide du seau, à 14H35 au 9ème prélèvement M.COLMBANI demande, d'effectuer un prélèvement toutes les 5 mn, la cadence des 3 mn ne pouvant être respectée, fin à 15H40 au 23ème prélèvement.

A H2, 14H45 début des prélèvements avec le tube à essai  
fin à 15H30 " " avec pompe à essence  
fin à 15E30 " " avec micro-pompe  
fin à 15H30

.../...

ANALYSE LABORATOIRE :

Le 24 Février 1971 l'eau des prélèvements est bien décantée dans les divers récipients de transport.

1/- Etalonnage du colorimètre -

Nous possédons 9 ampoules de décantation.

1 ampoule sert à l'eau de rivière et les 8 autres serviront à encadrer la dilution moyenne estimée :

$$D = \frac{176}{200.000 \times 30} = \frac{1}{2.900.000}$$

100 cc de l'eau rivière sont pipetés et délivrés dans les 9 ampoules disponibles. A l'aide de la micro-burette Agla nous réalisons 8 dilutions. Dilution préconisée par le tableau gamme de dilution 1.000.000 à 20.000.000.

Nous procédons à la reconcentration comme l'indique la méthode de reconcentration préconisée par EDF (processus 1967). Nous remarquons que nos ampoules ne sont pas parfaitement étanches au robinet et au bouchon lors du brassage ce qui évidemment risque d'être une source d'erreurs par perte de bichromate.

(Le zéro optique du colorimètre est réglé pour la concentration 0 : eau de la rivière).

Au passage au colorimètre nous obtenons les lectures suivantes pour concentration relatives Cr.

Cr	Cof. d'extinction	Densité optique
5 x 10 <sup>-8</sup>	0,030	93,3
10 x 10 <sup>-8</sup>	0,081	83,0
12,5 x 10 <sup>-8</sup>	0,088	81,7
17,5 x 10 <sup>-8</sup>	0,150	70,8
25 x 10 <sup>-8</sup>	0,230	58,9
50 x 10 <sup>-8</sup>	0,530	29,5
75 x 10 <sup>-8</sup>	0,820	15,1
100 x 10 <sup>-8</sup>	0,960	11,0

Nous traçons deux graphiques :

- 1 lecture extinction colorimètre en fonction de Cr.10<sup>-8</sup>
- 2 Concentration relative 10<sup>-8</sup> en fonction de la lecture colorimètre en D densité optique.

2/- Résultats des échantillons prélevés -

a/ L'eau de rivière prélevée à l'aide de la micropompe nous donne comme lecture en E = 0,47 ou D = 33,9 reporté sur les 2 graphiques donne une concentration de 45,4.10<sup>-8</sup>. Temps prélèvement 75' ou 4500 secondes.

Le volume de solution injectée étant de 176 litres Q = 85.700 l/sec

$$Q = \frac{176}{45,5 \times 10^{-8} \times 4500} \quad \boxed{\text{ou } 85,7 \text{ m}^3/\text{sec}}$$

b/ Eau de rivière prélevée avec les étuis en plastique à des temps connus.

L'analyse est réalisée comme pour le cas précédent seulement les volumes disponibles après décantation des échantillons n'étaient que de 50 cm<sup>3</sup>

.../...

N°	HEURES	LECTURE COLORIMETRIQUE		CONCENTRATION RELATIVE EN $10^{-8}$
1 à 4	14H11 à	E	D	
	14H21	0,000	100,0	0,0
5	14H25	0,010	98,0	0,2
6	14H27	0,010	98,0	0,2
7	14H30	0,010	98,0	0,2
8	14H32	0,145	71,5	17
(9)	14H35	1,000	10,0	$(105,0) \times 2 = 210$
(10)	14H40			
(11)	14H45	0,800	16,0	$(72,5) \times 2 = 145$
(12)	14H50	0,425	37,5	$(42,0) \times 2 = 84,0$
13	14H55	0,170	67,0	20,0
14	15H00			
15	15H05	0,045	90,5	0,6
16	15H07	0,000	100,0	0,1
17 à 23	15H00 à			
	15H40	0,000	100,0	0,0

Les numéros entre parenthèse signifie que la solution finale obtenue étant trop concentrée pour la sensibilité du colorimètre, les échantillons ont été dilués 2 fois avec le Butanol, la concentration relative obtenue à partir de la courbe de réponse est à multiplier par 2.

Les échantillons 10 et 14 n'ont pas été déterminés le colorimètre étant tombé en panne.

Une courbe concentration relative en fonction du temps de prélèvement a été tracée et planimétrée  
On obtient  $C_r$  moyenne =  $81,3 \times 10^{-8}$

$$Q = \frac{\text{Volume solution mère}}{C_r \text{ moy.} \times \text{temps}} = \frac{176 \times 10^{-8}}{81,3 \times 2400} = 90,500 \text{ l/s}$$

soit  $Q = 90,5 \text{ m}^3/\text{sec}$

c/ En ce qui concerne l'échantillon prélevé au tube à essai il n'a pu être utilisé par suite d'une erreur de manipulation ayant entraîné sa perte.

d/ L'échantillon prélevé à la pompe à essence présentait une concentration relative moyenne  $C_r = 46,5 \cdot 10^{-8}$   
et un débit  $Q = 83,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , valeur un peu faible.

.../...

C O N C L U S I O N

- Les résultats obtenus sont les suivants :

- jaugeages moulinet			
13H20	- 14H	1 traversée	H = 440-442      Q = 91,7 m <sup>3</sup> /s
15H00	- 15H	2 traversée	H = 446-444      Q = 94,5 m <sup>3</sup> /s
- jaugeage chimique			
1/	Echantillon micropompe électrique H		Q = 85,7 m <sup>3</sup> /s
2/	Echantillon à intervalles réguliers et courbe de variation de la concentration relative en fonction du temps.		Q = 90,5 m <sup>3</sup> /s
3/	Echantillon au tube à essai		erreur de manipulation de l'échantillon : inutilisable.
4/	Echantillon pompe à essence		Q = 83,9 m <sup>3</sup> /s

Il y a donc une certaine dispersion des résultats mais qui n'est pas aussi importante qu'on aurait pu le craindre vu les conditions d'exécution de la mesure.

Il faut en particulier signaler le manque de fluoresceïne et le trop grand nombre de personnes participant à la mesure.

Les divers prélèvements n'ont pas été faits au même point le nombre d'échantillons prélevés à intervalles constants était insuffisant et ces prélèvements doivent être effectués sous la direction permanente d'un hydrologue confirmé, ou au moins par du personnel bien rodé à cette tâche et selon des normes strictes.

Pour le dépouillement au laboratoire diverses remarques doivent être faites :

Les échantillons (2) ont été analysés avec 50 cm<sup>3</sup> d'eau et comparés avec une gamme étalon établie avec 100 cm<sup>3</sup> d'eau. Le résultat est que les conditions de réaction ne sont pas absolument identiques et qu'il aurait fallu refaire une gamme de dilution avec 50 cm<sup>3</sup>.

Les intervalles égaux de réaction et de passage au colorimètre n'ont pas été respectés.

La concentration en bichromate était trop forte pour une reconcentration à 10 fois.

Il semble aussi qu'il y ait eu quelque difficultés à régler le colorimètre (réglage du 0 en particulier).

Un point intéressant à noter est l'utilisation sans problème de la microburette Agla malgré une charge solide en suspension très importante.

Au bout de 24 heure la décantation des échantillons est suffisante pour que l'on ne soit pas gêné par la turbidité, cependant il faudrait procéder à une filtration de cette eau décantée car les valeurs un peu faible des débits peuvent provenir d'une concentration apparente trop élevée du fait d'une turbidité permanente des échantillons qui entrainerait une absorption de lumière parasite.

En définitive nous estimons qu'il s'agit d'une expérience réussie qui a permis de mettre en évidence l'intérêt de la méthode et aussi les points délicats.

.../...

### III-2-b/ Jaugeage chimique N°1 du Miliane au Pont Madeleine -

A l'occasion d'une lachûre du barrage de Bir M'cherga faite le 21/9/73, nous avons fait à titre expérimental un jaugeage chimique par la méthode globale.

#### Choix des sections d'injection et de prélèvement

Nous avons opté pour deux sections qui ont servi à des jaugeages antérieurs, la section d'injection se situe au niveau du passage de Naassa, la Section de prélèvement est au niveau du Pont de la Madeleine 4 km en aval de la Section d'injection, une petite promenade tout au long du bief de mesure montre que les conditions du bon brassage sont largement satisfaites grâce à la présence de nombreux méandres et de zones de vitesses et de remous et à l'absence de zones d'eau mortes.

#### Essais préliminaires /

##### Détermination du temps de passage

L'essai à la fluoresceïne a prouvé son inefficacité car vu la charge solide transportée par les eaux la fluoresceïne se perd très rapidement.

Nous avons essayé avec des flotteurs en bois et en polystyrène peints en rouge. L'essai a été beaucoup plus concluant et on a pu voir nos flotteurs passer par la Section de prélèvement après 30 minutes.

##### Déroulement des manoeuvres

a/ Avant de toucher au bichromate de soude nous avons rempli un jerrycan de 20l d'eau de la rivière au droit du point d'injection en ayant pris soin de le rincer trois fois au paravant avec de l'eau de la rivière.

b/ On rince le fût, on l'avance autant que le permet la vitesse du courant en le lestant convenablement avec de l'eau, nous commençons la dissolution de la masse de sel estimée en agitant énergiquement pour avoir une solution aussi homogène que possible, nous prélevons alors un échantillon de cette solution mère et on repère le niveau de la solution dans le fût nous lançons dans la rivière quelques flotteurs et 5 mn après nous renversons le fût de manière à ce qu'il y ait départ d'un maximum de solution en un minimum de temps, nous rinçons le fût et le retirons sur la berge et on jette encore quelques flotteurs, et, ayant éliminé toutes traces de bichromate sur les berges nous nous dirigeons vers la section des prélèvements.

Dès notre arrivée nous avons constaté le passage d'un flotteur, on commence aussitôt les prélèvements à intervalle de temps régulier de 1' à l'aide d'une barre muni d'un crampon pour fixer l'ampoule de prélèvement, un opérateur préparant les ampoules numérotées, un autre faisant les prélèvements toujours au même endroit pour éviter les fluctuations transversales de la concentration, théoriquement la concentration est la même dans toute la section de prélèvement si la condition de bon mélange est réalisée nous ne l'avons pas vérifiée pour deux raisons :

- On avait estimé que les conditions de bon mélange sont largement satisfaites et dans ce cas le prélèvement d'échantillons simultanés serait superflu.

- On pensait que le nombre d'ampoules disponibles ne permet pas des prélèvements simultanés car cela réduirait le temps de prélèvement.

##### Chronologie des opérations

8h arrivée sur terrain.

Solution mère : 50 kg de bichromate de soude dissous dans un certain volume d'eau le niveau de la solution est repéré dans le fût.

8H25 : lancement des flotteurs

8H30 : injection de la solution

8H57 : apparition d'un flotteur à la Section de prélèvement hauteur à l'échelle H = 30

8H58 : commencement des prélèvements

intervalle de temps régulier = 1'

on contrôle très fréquemment la hauteur à l'échelle toujours H = 30

fin de prélèvement à 1CH2'

durée de prélèvement 65'

Nombre d'échantillons prélevés 65 Ech.

Nous avons prélevé 65 échantillons ce qui fait un temps de prélèvement de 65' durée qui englobe largement le temps de passage estimé à 30'.

#### Dépouillement du jaugeage au laboratoire

Nous laissons décanter nos échantillons prélevés 24h environ pour ne pas être gêné par les particules en suspension lors de la dilution par la burette Agla (Seringe bouchée) et lors du passage au colorimètre (absorption parasite de la lumière).

Nous réalisons avec la microburette Agla des dilutions englobant la valeur 524.000, le dosage des échantillons prélevés se fait sur des quantités de 20 ml en y ajoutant 1 ml de réactif au DPC et 1 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub><sup>1</sup>/<sub>50</sub>. Nous prenons soin de laisser à tous les échantillons dosés un même temps de réaction supérieur à 10 mn avant le passage au colorimètre, nous faisons passer d'abord les dilutions étalons, la courbe déviation D = f (Gr) donne la courbe d'étalonnage de tableau (1) - Fig.(1).

DILUTION	CONCENTRATION RELATIVE	DEVIATION DU COLORIMETRE.
1.000.000	10 <sup>-6</sup>	6
800.000	125 x 10 <sup>-6</sup>	8
666.000	1,63 x 10 <sup>-6</sup>	9,5
500.000	1,0 x 10 <sup>-6</sup>	11,5
400.000	2,5 x 10 <sup>-6</sup>	14,5
333.000	2,88 x 10 <sup>-6</sup>	17

Puis nous faisons passer les prélèvements et on porte la courbe déviation = f(t), t : temps correspondant à chaque prélèvement tableau (2) fig.(2). La dilution moyenne réalisée par la rivière s'obtient en portant la déviation moyenne (calculée sur la courbe déviation = f(t)) sur la courbe d'étalonnage de l'appareil. L'inverse de la concentration relative obtenue donne la dilution moyenne réalisée par la rivière et en écrivant à l'équation de conservation de la masse on obtient :

$$\frac{C_{2m}}{C_1} = 2,88 \times 10^{-6} \text{ soit } D_i = 347000$$

$$VC_1 = Q T C_{2m}$$

$$Q = \frac{V}{T} \frac{C_1}{C_{2m}}$$

$$Q = \frac{172}{19 \times 60} \times \frac{1}{2,88} \times 10^{-6} = 52,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 52,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le jaugeage au moulinet a donné 48,3 m<sup>3</sup>/s le débit de lachûre est évalué à 50 m<sup>3</sup>/s, bien que l'écart entre débit déterminé chimiquement et le débit au moulinet ne soit pas excessif nous essaierons dans les prochains essais de prendre beaucoup plus de soin surtout lors du dépouillement.

Il est possible toutefois qu'une partie de bichromate dissous ait été perdu par absorption ou encore que le colorimètre n'ait pas fonctionné normalement.

Tableau N°2 -

Réponse du colorimètre aux différents prélèvements

TEMPS	DEVIATION	TEMPS	DEVIATION	TEMPS	DEVIATION
1	0	10	28	19	12
2	0	11	36	20	8
3	0	12	37	21	4
4	0	13	36	22	2
5	0	14	32	23	2
6	0	15	28	24	1
7	3	16	21	25	0
8	8,2	17	17	26	0
9	20	18	12	27	0

Temps de passage = 19'

OUED MILIANE AU PONT MADELEINE  
JAUGEAGE CHIMIQUE N°1  
REPONSE DU COLORIMETRE

DEVIATION

30

20

10

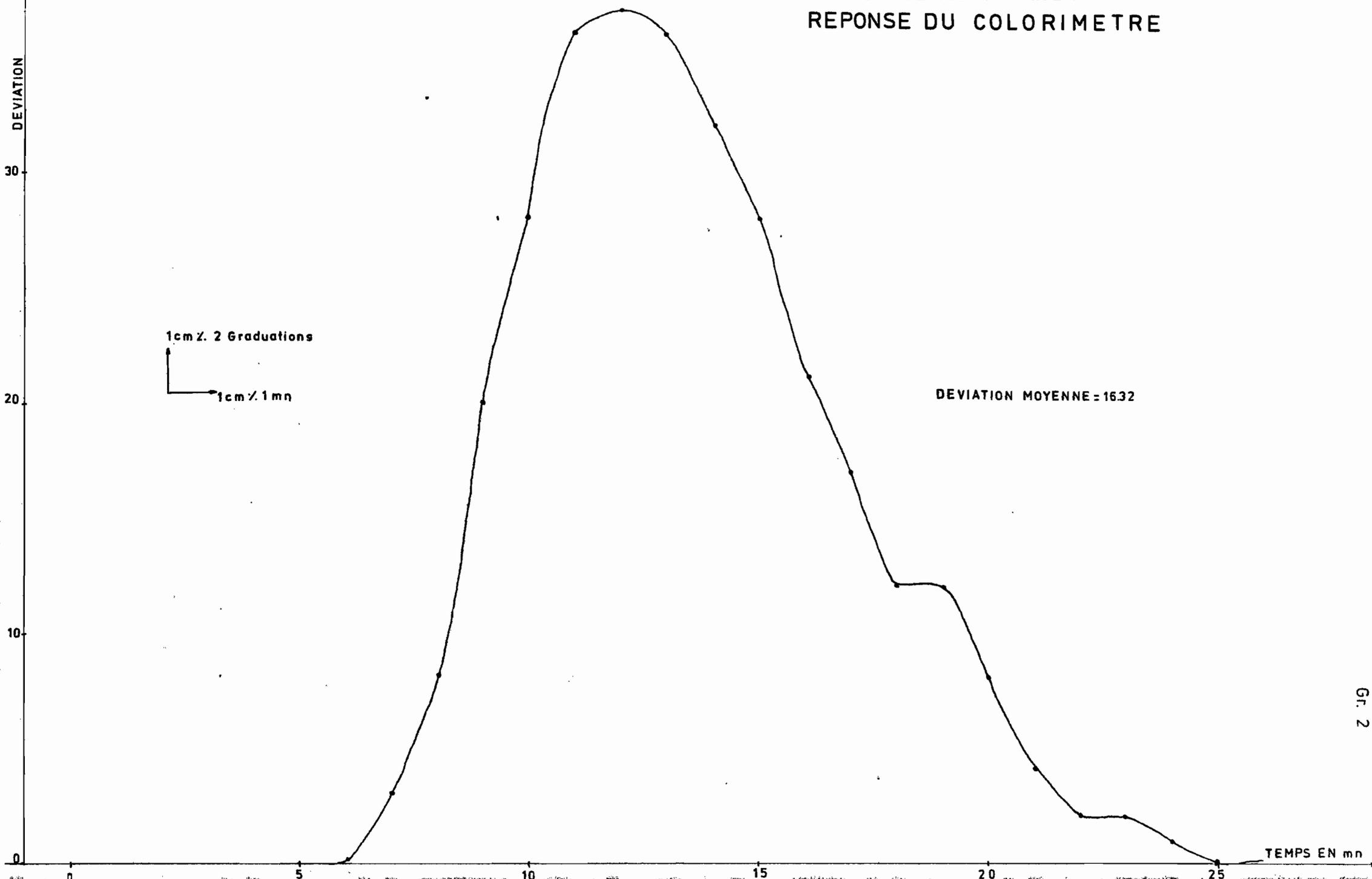
0

1cm ∠ 2 Graduations  
1cm ∠ 1 mn

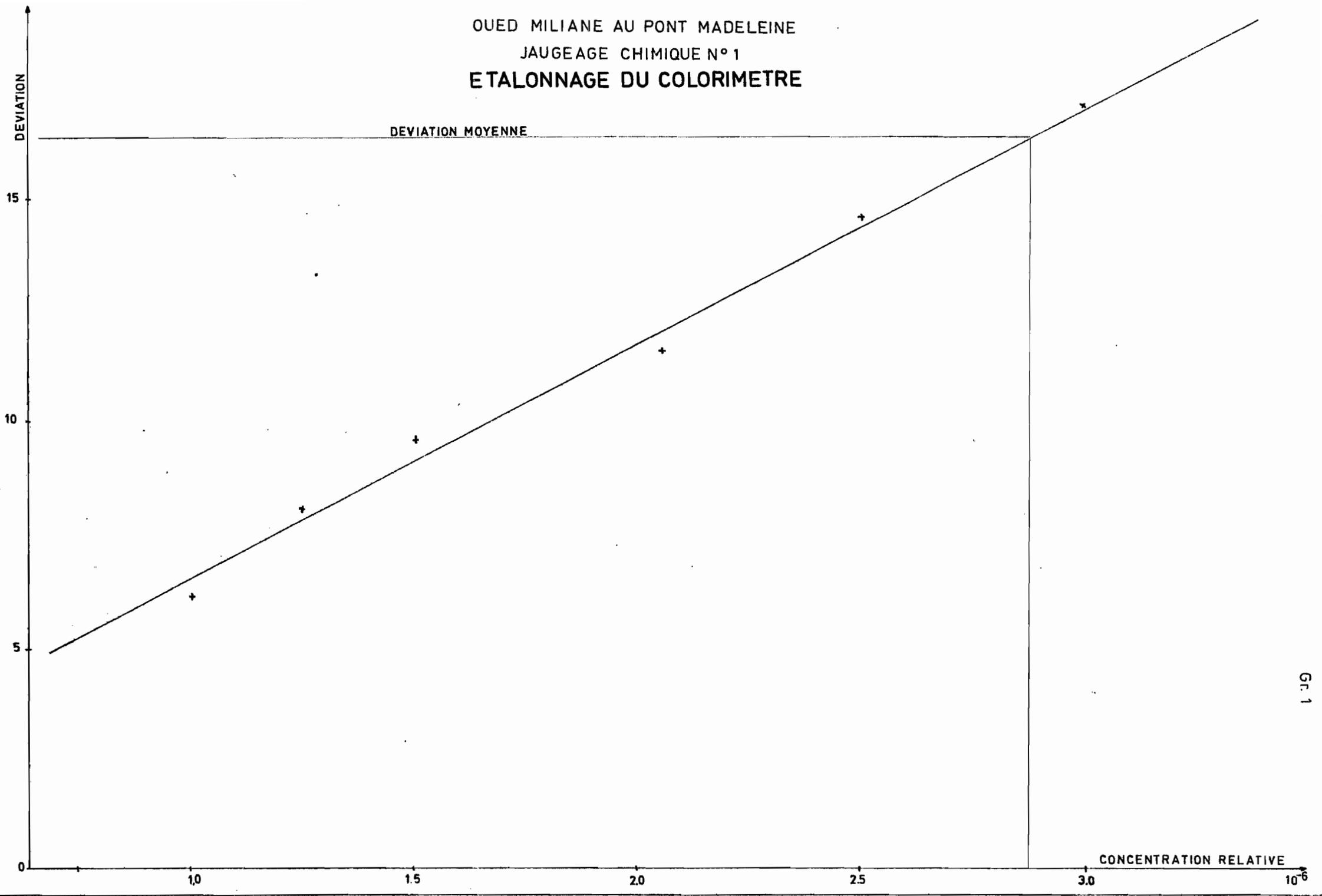
DEVIATION MOYENNE = 1632

TEMPS EN mn

Gr. 2



OUED MILIANE AU PONT MADELEINE  
Jaugeage Chimique N° 1  
ETALONNAGE DU COLORIMETRE



CONCLUSION /

De ce premier essai nous avons tiré les renseignements suivants :

Il n'est pas toujours aisé de faire le mélange sel plus eau sur le terrain et le fait de déplacer un fût de 200l dans un courant fort n'est pas une manoeuvre facile, nous suggérons la préparation de solution mère au laboratoire et de stocker dans des jerricanes à volume bien connu.

Il est recommandé d'utiliser des flotteurs de différentes couleurs, par exemple : on jette les rouges avant l'injection et des bleus après l'injection, le délai séparant le passage du 1<sup>er</sup> flotteur rouge et du dernier flotteur bleu donne approximativement le temps de passage du nuage de bichromate.

### III-2-. c/ Jaugeage chimique N°2 du Miliane au Pont Madeleine -

Au cours de la 2<sup>e</sup> lachûre du barrage Bir M'Cherga la Direction des Barrages nous a communiqué une valeur de débit de 10 m<sup>3</sup>/s.

Partant de cette valeur, nous avons déterminé les différents paramètres du jaugeage à effectuer.

#### a/ Masse de bichromate nécessaire

écrivons l'équation de conservation de la masse.

$$M = Q c t$$

M = masse injectée

Q = débit estimé : 10 m<sup>3</sup>/s

c = concentration moyenne au droit du point de prélèvement qu'on veut égale à 0,5 mg/l environ.

T = temps de passage du nuage salin estimé à 1h = 3600"

on a alors  $M = 10 \times 10^3 \times 0,5 \times 10^{-3} \times 3600 = 18000 \text{ g} = 18 \text{ Kg}$

Nous dissolvons 18 kg dans de l'eau jusqu'à dissolution totale.

Nous prélevons un échantillon qu'on garde au labo pour le dépouillement, le volume final de la solution mère est de 31l.

#### Injection :

Arrivé au point d'injection nous faisons les mêmes opérations que lors du premier jaugeage sauf que cette fois notre solution mère est déjà préparée.

Heure d'injection 7H 15'

#### Prélèvement :

On commence le prélèvement à 8h pour les échantillons multiples et à 8H 16' pour l'échantillon moyen.

#### Remarque sur l'utilisation du réactif au D.P.C

Pour ce jaugeage nous avons pris deux flacons l'un contenant le réactif DPC L'autre contenant le H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> (1/50) chaque 5' nous prélevons dans un tube à essai une petite quantité d'eau de la rivière à partir du trop plein du vase à niveau constant alimenté par la pompe, nous y mettons 1 cm<sup>3</sup> de réactif au DPC et 1 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> le premier prélèvement révélant la présence du bichromate a été fait vers 8H55'. Le temps mis alors par le bichromate pour arriver au point de prélèvement est d'environ 2H ce qui nous a permis par la suite de réutiliser les flacons ayant été rempli entre 8H et 8H45' l'emploi du réactif est surtout utile pour la fin des opérations car cela permet d'éviter les opérations superflues à savoir faire des prélèvements très en dehors du nuage, nous avons arrêté les prélèvements multiples et moyens 10 mn après le dernier essai négatif au réactif.

Dépouillement au laboratoire

Evaluation du temps de passage du nuage salin : par des essais au réactif sur différents échantillons nous repérons l'apparition et la disparition du bichromate le temps séparant ces deux événements est le temps de passage.

- apparition du bichromate : échantillon 52 : échantillon 51 : essai négat.
- disparition " : " 101 : essai négatif
- temps de passage 101 - 51' = 3000"
- détermination de la dilution moyenne pour un débit

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{s} \text{ estimé}$$

$$\frac{C}{c} = \frac{Q \cdot T}{V} = \frac{10 \times 10^3 \times 50 \times 60}{31} = 1000.000$$

Nous réalisons une gamme de dilution encadrant la valeur estimée 1000.000

Traitement au réactif :

Nous rajoutons dans les 8 bechers 1 cm<sup>3</sup> de réactif au DPC et 1 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 1/50 le passage au colorimètre s'effectue en respectant pour tous les échantillons un même temps de réaction égal au moins à 10' le zéro du colorimètre étant réglé par rapport à la solution du becher N°8 (solution témoin) un filtre adéquat L 546 étant interposé entre la source et l'échantillon étudié.

Tableau N°3 -

ECHANTILLON	DEVIATION	CONCENTRATION RELATIVE.
Dilution 1	5	0,625 x 10 <sup>-6</sup>
" 2	6,5	0,750 x 10 <sup>-6</sup>
" 3	9	1 x 10 <sup>-6</sup>
" 4	10,5	1,25 x 10 <sup>-6</sup>
" 5	13	1,5 x 10 <sup>-6</sup>
" 6	16,5	2 x 10 <sup>-6</sup>
" 7	21	2,5 x 10 <sup>-6</sup>

Voir gr. 3.-

Traitement des échantillons

Nous prélevons 20 cm<sup>3</sup> de chaque échantillon auxquels on rajoute 1 cm<sup>3</sup> du réactif DPC et 1 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> N/50.

Le passage au colorimètre s'effectue comme pour les dilution étalons nous aurons alors pour chaque échantillon une déviation que nous portons en face de l'heure de prélèvement (Tableau 4 : (graphique 4.)

La courbe obtenue représente la variation de la déviation relative en fonction du temps, la déviation moyenne obtenue en divisant la surface de cette courbe par le temps de base donne, une fois reportée sur la courbe d'étalonnage du colorimètre (gr.3) la concentration relative moyenne au droit du point de prélèvement, l'inverse de cette quantité est la dilution moyenne réalisée par la rivière. et d'après

$$VC = Q \cdot c \cdot t$$

$$Q = \frac{V}{T} \cdot \frac{C}{c} = \frac{V}{T} \cdot N$$

Résultats : a/ cas d'échantillon multiples

$$Q = \frac{31}{50 \times 60} \times \frac{1}{2,95 \times 10^{-6}} = 3.502 \text{ l/s} = 3.502 \text{ m}^3/\text{s}$$

b/ cas de l'échantillon moyen

$$\text{durée de prélèvement } T = 87' = 87 \times 10 = 5220''$$

$$\text{déviat. du colorimètre } 14 = \frac{c}{C} \cdot 1.66 \times 10^{-6} = 3577 \text{ l/s}$$

$$Q = \frac{V}{T} \times \frac{C}{c} = \frac{31}{5220} \times \frac{1}{1.66} \times 10^{-6} = 3.577 \text{ m}^3/\text{s}$$

.../...

Résultats définitifs :

Jaugeage au moulinet  $Q = 3.48 \text{ m}^3/\text{s}$   
 injection globale : échantillon mult.  $Q = 3.50 \text{ m}^3/\text{s}$   
 injection globale : échantillon moyen  $Q = 3.58 \text{ m}^3/\text{s}$

Tableau N° 4 -

ECHANTILLON	DEVIATION	ECHANTILLON	DEVIATION
51	0	81	25
52	1,5	82	22
53	1,5	83	21
54	4,0	84	19
55	7,5	85	18
56	10,0	86	16,5
57	15,0	87	14
58	22	88	12,5
59	26	89	12
60	26,5	90	11,5
61	33,0	91	7,5
62	38,5	92	7
63	41,5	93	6
64	49	94	5
65	54	95	4
66	56	96	3,5
67	58	97	3,5
68	64	98	2,5
69	58	99	1,5
70	52	100	1
71	50	101	0
72	48	102	0
73	47		
74	35	Temps de passage 50'	
75	44		
76	42,5		
77	36		
78	34		
79	30		
80	26		

CONCLUSION /

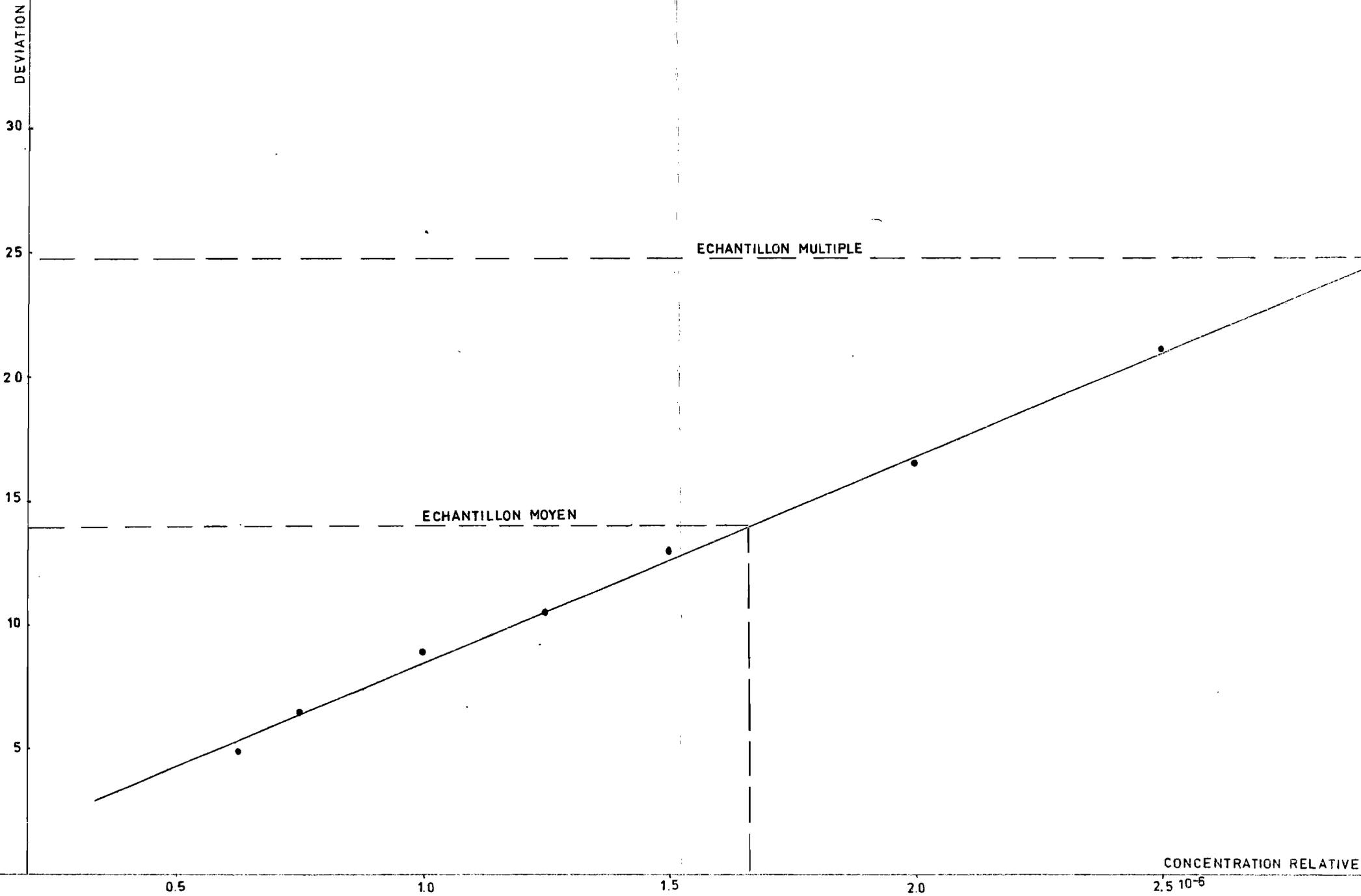
L'utilisation du réactif au DPC s'est avérée très utile ; en effet, elle supprime les opérations superflues telles que, des prélèvements très au-delà du temps de passage et évite de rater le nuage ou d'en capter seulement une partie, chose qui peut arriver lors d'une mauvaise estimation de la vitesse d'écoulement ou du temps de passage du nuage salin.

La méthode de prélèvement d'un échantillon moyen joignant la facilité de manipulation à la rapidité de dépouillement se fait très utile même en grande crue, en effet l'injection faite, l'opérateur n'a qu'à s'installer à côté de son dispositif et regarder faire, la méthode serait d'autant plus fructueuse si l'opérateur disposait de l'indicateur du bichromate en effet, il pourrait arrêter son dispositif au bon moment et éviter ainsi d'avoir un échantillon moyen très dilué ce qui nécessite une reconcentration, opération supplémentaire qu'on peut éviter en utilisant l'indicateur.

.../...

Si l'utilisateur de l'indicateur de revèle très efficace pour la fin des opérations elle ne peut par contre fournir aucune indication sur le début du prélèvement, nous pouvons quand même pour éviter d'avoir un échantillon moyen trop dilué ne pas commencer le prélèvement dans le jerrican final mais plutôt dans de petits jerricans numérotés et l'orsqu'on teste la présence du bichromate nous re lions notre tuyau de prélèvement du jerrican définitif, le volume final de l'échantillon prélevé sera le volume prélevé dans le jerrican final auquel on rajoute le dernier petit jerrican.

OUED MILIANE AU PONT MADELEINE  
JAUGEAGE CHIMIQUE N°2  
ETALONNAGE DU COLORIMETRE



OUED MILIANE AU PONT MADELEINE  
Jaugeage Chimique N° 2  
REPONSE DU COLORIMETRE

