

DEPARTEMENT  
DE L'EURE

AGENCE FINANCIERE DE  
BASSIN SEINE-NORMANDIE

MINISTERE  
DE L'INDUSTRIE

3f

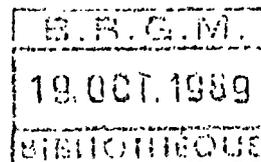


VAL DE BOURGTHEROULDE - MONTFORT-SUR-RISLE - EURE

IMPACT DES EAUX DE RUISSELLEMENT  
EN MILIEU AGRICOLE SUR LES EAUX SOUTERRAINES  
ET LES OUVRAGES D'AEP  
SOURCE DU DOULT CLAIREAU ET FORAGE D'ECAQUELON

P. JACQUOT. - PH. DE LA QUERIERE

JUILLET 1989



89 SGN 626 HNO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Service Géologique Régional Haute-Normandie  
18, rue Mazurier - 76130 MONT-SAINT-AIGNAN - Tél.: (33) 35.70.38.64

RESUME

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Comité Départemental de l'Eau du Département de l'Eure et financée par le département, l'agence de bassin et le ministère de l'industrie (fonds propres du BRGM).

Elle a été motivée par des études antérieures qui ont montré la vulnérabilité aux pollutions des captages d'AEP implantés sur des réseaux karstiques. On a choisi ce site du fait de la connaissance d'une liaison rapide entre une "bétoire" (Le Pavier) et une source distribuant l'eau à la population de Montfort sur Risle, et la réalisation de fossés d'assainissement en milieu rural pour évacuer les eaux de ruissellement.

Un premier cliché chimique des eaux de ruissellement sur la surface du bassin a montré la présence de matières azotées en quantités très notables, la forme finale étant la forme nitratée. Lors de ce cliché, la teneur en azote de la source d'AEP est restée stable.

Des mesures de débit ont montré que la bétoire de Pavier pouvait absorber 700 l/s, et que les flux de ruissellement dans le fossé pouvaient atteindre des valeurs de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/s. Les concentrations introduites dans le réseau karstique concernant matières en suspension, turbidité, matières azotées, chlorures, potassium sont variables (mesures sur 3 épisodes pluvieux) avec des valeurs parfois très importantes (plus de 100 mg/l) ; des quantités (de l'ordre de la tonne) de ces éléments sont introduites ainsi dans le karst lors d'évènements pluvieux un tant soit peu importants.

La source du Doult Claireau utilisée par l'AEP ne subit aucun dommage; elle a été colorée à la suite d'injection de fluoréscéine dans la "bétoire" du Pavier (révélation positive des des fluocapteurs), mais la concentration devait être très faible (non détectable au fluorimètre sur les échantillons d'eau prélevés automatiquement). Ce cas est un cas particulier dû à la complexité du réseau karstique où la source est une émergence d'une fissure secondaire du réseau. Le même phénomène a été rencontré par ailleurs, mais le cas contraire est le plus fréquent.

On peut en tirer les conclusions suivantes :

L'assainissement par fossé à ciel ouvert des terres agricoles et l'aptitude de ces terrains au ruissellement entraînent dans les réseaux souterrains des quantités de terre et de produits culturaux au détriment de leur usage agricole. Plus il y aura d'épisodes de ruissellement, plus le préjudice subi par les cultures et les eaux souterraines sera important. L'assèchement des terres agricoles par drains enterrés a pour avantage de supprimer le départ des particules limoneuses, mais les pratiques culturales doivent nécessairement bloquer autant que possible le ruissellement.

Dans ce cas précis, l'impact des eaux souterraines portera sur un enrichissement progressif de la nappe alluviale en matières azotées dans la région de Montfort sur Risle. Mais il apparaît possible, quand les relations milieu karstique / milieu poreux, et le mode d'exploitation de la nappe le permettent, d'évacuer dans certains réseaux karstiques des eaux contaminées, sous réserve d'une maîtrise de leur qualité.

Ce rapport comporte : 65 pages, 3 annexes

THEME : Eau, Environnement

Mots clés : AEP, Analyse, Eau de ruissellement, Karst, Traçage,

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
1. <u>INTRODUCTION ET RAISONS DE L'ETUDE</u>	6
2. <u>METHODES D'ETUDE</u>	8
3. <u>CLICHE CHIMIQUE</u>	8
4. <u>DEBIT ABSORBE PAR LA BETOIRE</u>	13
5. <u>COLORATION</u>	18
6. <u>BILAN QUALITATIF DES EAUX D'INJECTION ET D'EXHAURE</u>	20
6.1 <u>Descriptif</u>	27
6.2 <u>Commentaires généraux</u>	28
6.3 <u>Autres données</u>	32
7. <u>CONCLUSION</u>	34

ANNEXES

ANNEXE n°1 CLICHE CHIMIQUE

Annexe 1.1	Liste des points de prélèvement
Annexe 1.2	Résultats des analyses
Annexe 1.3	Bilan azoté - Caractéristiques des sites

ANNEXE n°2 SUIVI QUALITATIF DES EPISODES PLUVIEUX

Annexe 2.1	1er épisode - Analyses chimiques
Annexe 2.2.1	2e épisode - Analyses chimiques
Annexe 2.2.2	2e épisode - Analyses chimiques
Annexe 2.3.1	3e épisode - Analyses chimiques
Annexe 2.3.2	3e épisode - Analyses chimiques

ANNEXE n°3 QUALITE DES EAUX DE RUISSELLEMENT DANS LE FOSSE  
PRINCIPAL LORS DE L'EPISODE DU 25/03/1988

Annexe 3.1	Analyse chimique
Annexe 3.2	Etude des particules par le laboratoire de géologie.

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Situation des points de prélèvements
Figure 2	Débits observés du 27/02 au 05/03/1987
Figure 3	Débits observés du 21/03 au 27/03/1987
Figure 4	Débits observés du 01/04 au 06/04/1987
Figure 5 et 6	Période du 18/19 juin 1987 : diagrammes des valeurs de turbidité MES, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> et K <sup>+</sup> dans les eaux de ruissellement et à la source du Doult Claireau
Figure 7 et 8	Période du 22/23 janvier 1988 : diagrammes des valeurs de turbidité MES, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> et K <sup>+</sup> dans les eaux de ruissellement et à la source
Figure 9 et 10	Période du 28/29 Mars 1988 : diagrammes des valeurs de turbidité MES, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> et K <sup>+</sup> dans les eaux de ruissellement et à la source

## 1. INTRODUCTION ET RAISONS DE L'ETUDE

La Haute-Normandie est un vaste plateau crayeux basculé en pente douce du NW vers le SE et coupé en deux par la vallée de la Seine. Chaque moitié est plus ou moins morcelée par des vallées et des vallons dont l'exutoire se situe en bordure de mer ou de Seine.

La découpe de ce plateau original a pour origine les tracés d'accidents tectoniques secondaires dont le moteur a été le rejeu de deux accidents du socle. Le premier part de la Limagne pour aboutir en Manche ; il a donné lieu à la faille de la Seine ; le second est issu de la région d'Epinal-Vittel et se poursuit au delà de Dieppe ; son rejeu a provoqué la création de l'anticlinal du Bray. L'altération de la craie en profondeur, préalablement fracturée, s'est produite du fait de l'action de décalcification par les eaux de pluie. Dans certains cas, la création ou l'agrandissement des fissures s'est poursuivi jusqu'à la formation de karsts, c'est à dire de conduits de section variant entre 0,20 à 1 ou 2 m<sup>2</sup>, dans lesquels l'eau circule à des vitesses atteignant en moyenne 100 m/h.

Comme dans beaucoup de régions, l'activité humaine sur le plateau est de type agricole, du fait de la grande valeur culturale des limons de plateau. Cependant, la terre est "battante", c'est à dire que la structure grumeleuse est détruite par une pluie d'intensité un peu forte ; ceci provoque du ruissellement sur des surfaces ainsi lissées ; d'autre part, l'aménagement du territoire rural et les pratiques culturelles modernes favorisent ce ruissellement. Ces eaux se dirigent vers les vallons et les vallées ; entre temps, elles peuvent s'engouffrer dans des "bétoires", cheminées d'accès depuis la surface du sol aux réseaux karstiques. Elles viennent ainsi polluer (matières en suspension, contamination bactériologique) l'eau prélevée par les sources ou les forages qui sont implantés sur ces karsts.

Comme ce phénomène s'est révélé vers les années 1978-1980, et a fait l'objet d'études pluri-annuelles dans le cadre du comité technique de l'eau, les solutions techniques de substitution datant de 1984

sont à leur début de mise au point, et beaucoup d'ouvrages d'AEP sont encore soumis à ce type de pollution, instantanée et temporaire.

L'objectif de l'étude est donc de déterminer l'impact de ces différents rejets sur une source. Il fallait donc choisir un réseau karstique .

Le choix s'est porté sur la vallée sèche d'Ecaquelon, localisée à quelques kilomètres à l'Ouest de Bourgtheroulde, où le karst avait été reconnu par une coloration en 1983 (étude C.D.E. 27). La formation géologique responsable est la structure anticlinale de Bourgtheroulde ; l'Albien affleure à Saint-Pierre de Boscuéard ; elle est coupée en deux dans le sens E-W par un fossé d'effondrement où s'est nichée la vallée. Le relevé des linéaments par télédétection sur images du satellite LANDSAT montre la poursuite de cet accident sur la portion de la vallée de la Risle entre Montfort et Pont-Audemer, avant de reprendre une direction E-W vers Pont-Lévêque. On peut le raccorder à la vallée de l'Eure vers le SE.

Plus au Sud l'accident du Neubourg d'orientation SE-NW qui délimite sous le plateau deux domaines de la nappe de la craie, le premier occidental peu profond, et le second oriental profond se poursuit par la faille E-W mise en évidence à Saint-Hymer (14) à quelques kilomètres au Sud de Pont Lévêque, Blangy le Château (14), Cormeilles (27), Pont-Authou (27).

La représentation cartographique de la nappe fournie par l'atlas hydrogéologique du département de l'Eure donne une bonne idée de la relation entre ces phénomènes.

## 2. METHODES D'ETUDE

Tout d'abord on a examiné l'activité humaine sur le bassin et on a effectué des prélèvements instantanés en différents points pour essayer de caractériser la qualité de l'eau en fonction de la nature de l'occupation du sol. Il s'agit d'un cliché chimique en période pluvieuse, où les eaux de ruissellement circulent dans des fossés de drainage qui aboutissent au fond du thalweg principal où se situent les "bétoires".

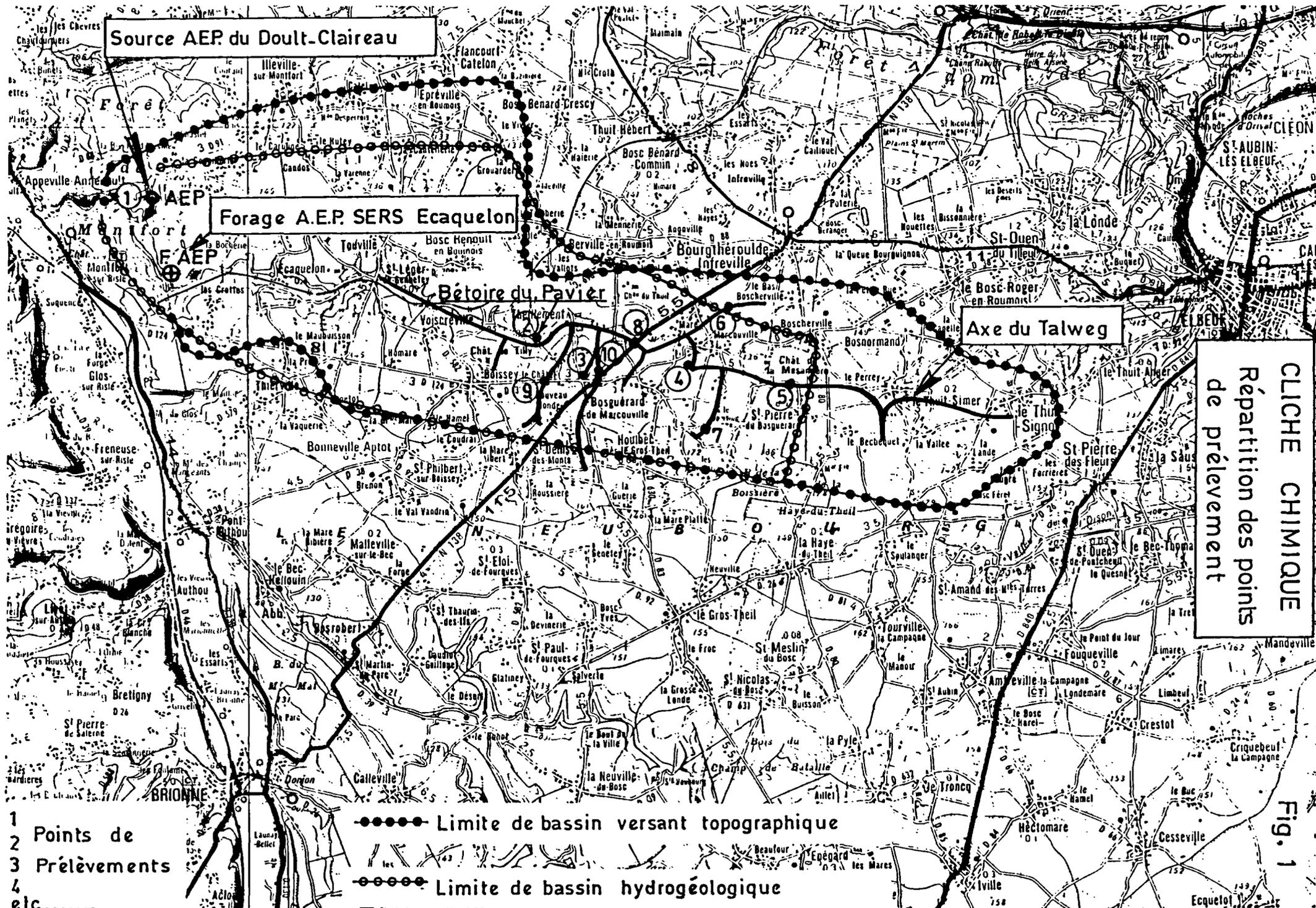
En deuxième lieu on a étudié la qualité des eaux à l'entrée du réseau karstique connu (bétoires de Pavier) et à la sortie (source AEP du Doult Claireau). On a construit deux seuils jaugeurs dans le fossé à l'amont et à l'aval de la bétoire pour connaître le débit absorbé par le réseau karstique. La coloration a été refaite pour vérifier le fonctionnement de la liaison karstique. Des analyses ont été réalisées à l'amont et à l'aval pour connaître l'évolution des concentrations et l'impact de l'absorption des eaux de ruissellement sur la source.

## 3. CLICHE CHIMIQUE

Il s'agit d'une campagne de prélèvement sur dix points choisis à l'avance dans le bassin en amont des bétoires du Pavier pour reconnaître la qualité des eaux ruisselées en fonction de l'occupation du sol.

Il ne s'agit pas évidemment de caler une équation relationnelle entre l'occupation du sol de chaque bassin relatif au site de prélèvement et la qualité de ruisselée, mais d'obtenir un descriptif rapide de cette qualité.

L'orientation contractuelle de cette étude a été l'aspect relatif aux matières azotées, qui représentent un des deux facteurs de pollution dominants de la nappe d'eau souterraine et des ouvrages d'AEP. Le phénomène de turbidité n'a pas été pris en compte par mégarde.



Source AEP du Doult-Claireau

Forage A.E.P. SERS Ecaquelon

Bétuire du Pavier

Axe du Talweg

CLICHE CHIMIQUE  
Répartition des points  
de prélèvement

- 1 Points de
- 2 Prélèvements
- 3 etc.....

- Limite de bassin versant topographique
- --- --- Limite de bassin hydrogéologique

Fig. 1

Ecquefot

La campagne a eu lieu le 1er avril 1987 en queue d'épisode pluvieux pluri-journalier. Neuf prélèvements concernant les eaux de ruissellement (n° de prélèvement 2 à 10), un seul (le n°1) concerne la source du Doult Claireau (Cf Figure 1).

L'azote a été dosé sous ses quatre formes, ammoniacale, nitrite, nitrate et organique, par le laboratoire du Service Régional de l'Aménagement des Eaux.

Les résultats figurent au tableau en annexe 1.

Sur les 9 concentrations des eaux de ruissellement on a les données suivantes :

	Moyenne	Ecart type	Dispersion	Max	Min
NH <sub>4</sub>	1,19	2,25	1,89	5,6	0,01
NO <sub>2</sub>	0,14	0,107	0,76	0,4	0,05
NO <sub>3</sub>	30,2	21,9	0,72	70	9,4
NT <sub>k</sub>	2,64	2,055	0,78	5,1	0,8

On notera les dispersions des valeurs de cette série.

En deuxième lieu, on a essayé de caractériser la qualité des eaux de rejet. On a donc comparé ces concentrations aux normes des eaux potables, puisque ces eaux aboutissent finalement à la nappe. Le tableau cite les numéros de prélèvements où :

	C supérieur à N.G.	C supérieur à C.M.A.
NH <sub>4</sub>		n° 3, 5, 7
NO <sub>2</sub>		n° 2, 3, 4, 5
NO <sub>3</sub>	n° 3 - n° 7	n° 2 - n° 9
NT <sub>k</sub>		n° 5, 7, 9, 10

(NG : Nombre Guide - CMA : Concentration Maximale Admissible)

Il ressort que deux points de prélèvement ont des teneurs répondant aux normes sur tous les ions ; il s'agit du point 6 et du point 8.

En troisième lieu, on a examiné la teneur "polluante " en azote, sachant que la forme finale de l'azote est la forme nitrate, en faisant la somme des trois composantes et en la comparant aux valeurs d'azote du nombre guide et de la concentration maximale admissible données par la réglementation européenne. En annexe 1 on a reporté le détail des valeurs, avec une appréciation sur l'écoulement et un descriptif rapide du milieu environnant du point de prélèvement d'après une carte de travail d'occupation des sols.

Pour avoir une vision rapide des phénomènes, on a reporté les points de prélèvement sur un extrait de carte au 1/100.000 (figure 1), et on a synthétisé les principales observations dans le tableau de synthèse. On peut faire les commentaires suivants :

Sauf cas exceptionnel, l'azote se trouve sous forme oxydée. Les teneurs en azote Kjeldhal ne sont pas négligeables. Dans bien des cas, les concentrations dépassent les normes CEE, ce qui signifie que les eaux superficielles introduisent de l'azote en excès dans le réseau karstique.

Entre les points 5 et 4, sauf erreur d'appréciation sur les quantités d'eau écoulées (rappelons que les débits n'ont pas été mesurés et que leur mesure instantanée n'avait pas grand intérêt), l'azote total a subi une chute de concentration de 7 à 3 mg/l.

Des apports importants d'azote proviennent des drains secondaires où ont été réalisés les prélèvements 3 et 9. La résultante est la teneur au point 5 où l'eau absorbée par la bétailerie du Pavier contient 13,6 mg/l d'azote total.

Les variations des quantités d'azote recueillies ne paraissent pas avoir de raisons objectives évidentes et aucune liaison simple ne paraît les attacher aux trois types d'occupation de la surface du sol, zone de cultures, habitat rural, habitat aggloméré.

	N° du prélèvement		Appréciation sur l'écoulement	Azote total caractéristiques d'après la norme forme principale	Occupation du sol sur bassin versant	Observations
	Collecteur secondaire	Collecteur principal				
AMONT		5	Important	6,9 ** NH <sub>4</sub> ** NO <sub>2</sub> ** NTK ** Azote sous forme réduite	Station d'épuration à 300 m <u>Cultures</u> - Habitat rural	. Les débits paraissent conservés entre les points 5 et 4. Par contre, l'azote aux points 5 et 7 ne se retrouve pas au point 4.
		7	Moyen	14,29 ** NO <sub>2</sub> * NH <sub>4</sub> ** NTK ** Azote sous forme NO <sub>2</sub> (75%) et NH <sub>4</sub> (25%)	<u>Bois</u> dominant - Habitat rural Cultures	. L'origine de forme réduite de l'azote peut être due à la station d'épuration de Saint-Pierre, à rejet faible (1 à 2 l/s).
		4	Important	3,8 NO <sub>2</sub> ** - Azote sous forme nitrique	Cultures dominantes - Habitat rural	. Réduction des débits entre les points 4 et 8 probablement par infiltration dans le fossé. Apports d'azote de l'amont du bassin versant disparus complètement.
		6	Faible	4,06 Forme nitrique de l'azote	Bois et prairies - Habitat rural du Bos Boscherville - (bétaires en amont de ce point) - La source pourrait appartenir à la nappe de l'Albien.	
		8	Faible	2,45 Forme nitrique de l'azote	Cultures dominantes - Habitat rural	. Les apports d'azote peuvent produire des zones 3 et 9.
		10	Important	4,33 NTK ** - Forme nitrique de l'azote	Route nationale - Cultures	. Des bétaires se sont ouvertes en amont du point 2.
		3	Important	7,05 * NH <sub>4</sub> ** NO <sub>2</sub> ** NO <sub>3</sub> * Forme nitrique de l'azote	Route, herbage, cultures Au point de prélèvement on a un puisard dans le fond du fossé	. L'apport entre les points 8 et 2 (exceptés points 3 et 9) provient d'un milieu cultural.
		9	Important	15,85 ** NO <sub>2</sub> ** NTK ** Forme nitrique de l'azote	Cultures dominantes - Zones d'habitat rural	
		2	Important	13,6 ** NO <sub>2</sub> ** NO <sub>3</sub> ** Azote sous forme nitrique	Exutoire des eaux du BV Cultures, habitat rural.	. Les débits issus du vallon ne se retrouvent pas à la source dont l'eau est exempte de quantités anormales d'azote.
	AVAL		1	AEP source du Doux Claireau	3,8 Forme nitrique	

Dernier point, la source de Doult Claireau exutoire (partiel) du système a une faible teneur en azote total (3,8 mg/l) inférieure au nombre guide.

L'épisode pluvieux "pluri-journalier" qui a lessivé des zones de type rural, soit un habitat de fermes diffuses dans des prés plantés, soit des cultures maïs avec un fort pourcentage de terres nues, et dont on peut admettre des teneurs assez stables en tarissement, a introduit des quantités d'azote notables sous forme nitrique dans le réseau karstique ; mais ces quantités ont échappé au drainage de la nappe exercée par l'émergence de la source du Doult Claireau.

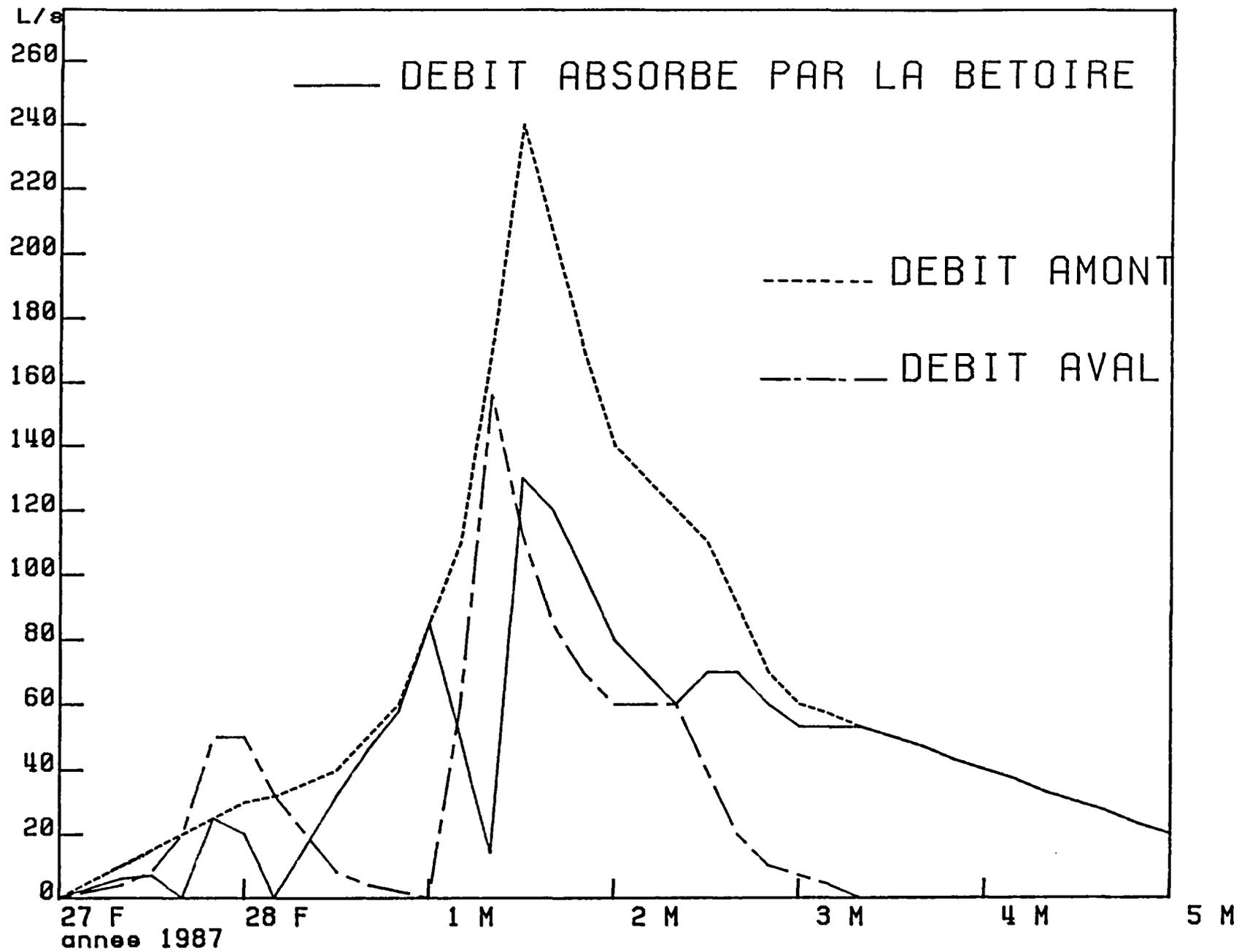
#### 4. EVALUATION DU DEBIT SUSCEPTIBLE D'ETRE ABSORBE PAR LA BÉTOIRE DU PAVIER

La béttoire du Pavier, à l'époque de l'étude, était la première entrée connue et bien définie de l'eau de surface dans le circuit souterrain. En cours de l'année 1987, une seconde béttoire s'est ouverte en amont.

La béttoire du Pavier se trouve dans une échancrure affectant la rive droite du fossé ; elle est recouverte par de la végétation arbustive, et encombrée de débris végétaux qui dissimulent son ou ses ouvertures.

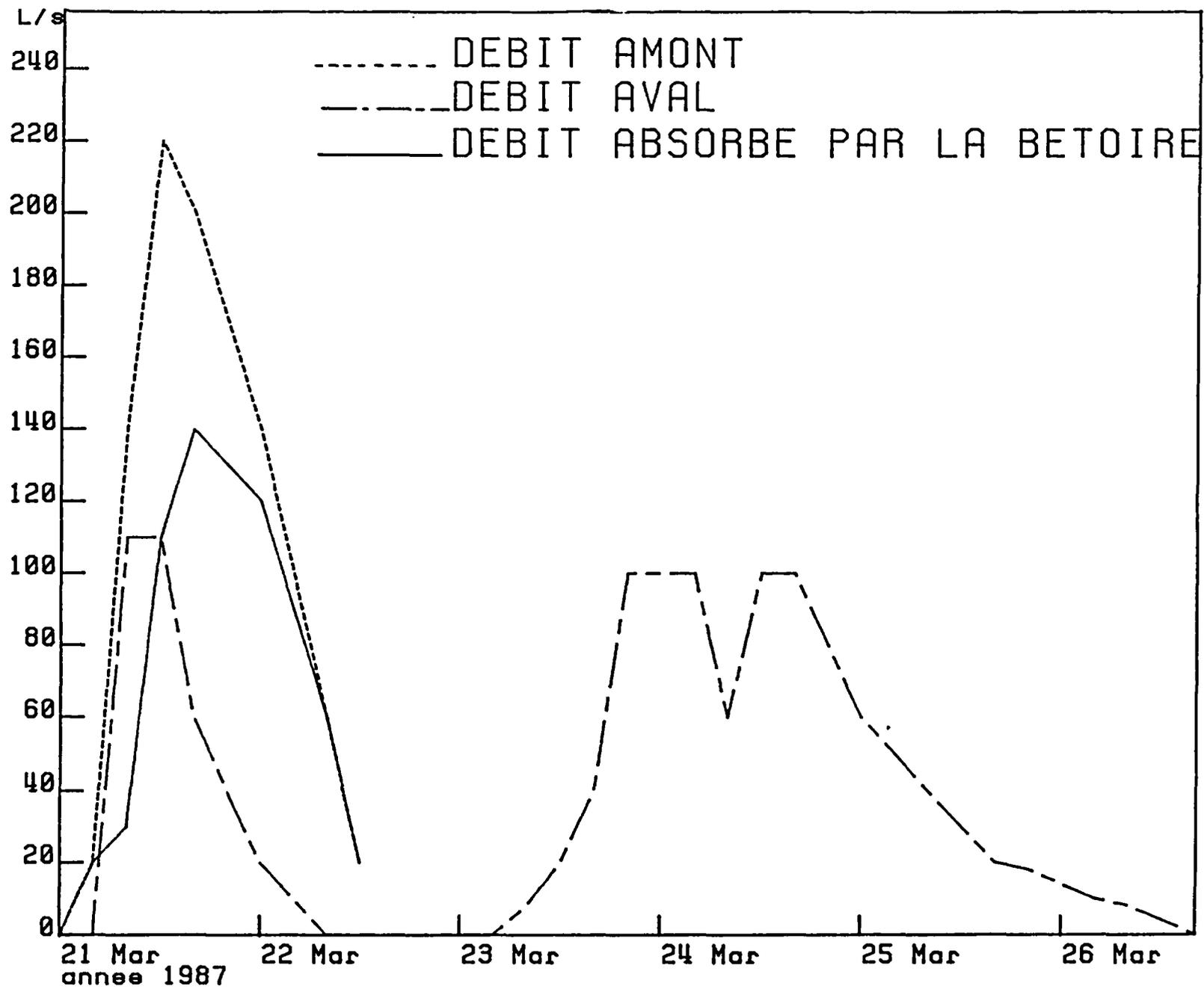
Les débits absorbés dépendent de son colmatage qui varie dans le temps en fonction du débit solide et des matériaux entraînés par le ruissellement.

La mesure de ces débits a nécessité la construction de part et d'autre de cet emplacement de deux stations de jaugeage équipées d'enregistreurs limnigraphiques. Les débits de ruissellement n'étant pas connus, le choix s'est porté sur un déversoir rectangulaire à contraction latérale, avec une largeur de 1,50 m. L'échelle des débits mesurables est compris entre 10 l/s et plus de 1 m<sup>3</sup>/sec pour ce type d'ouvrage.



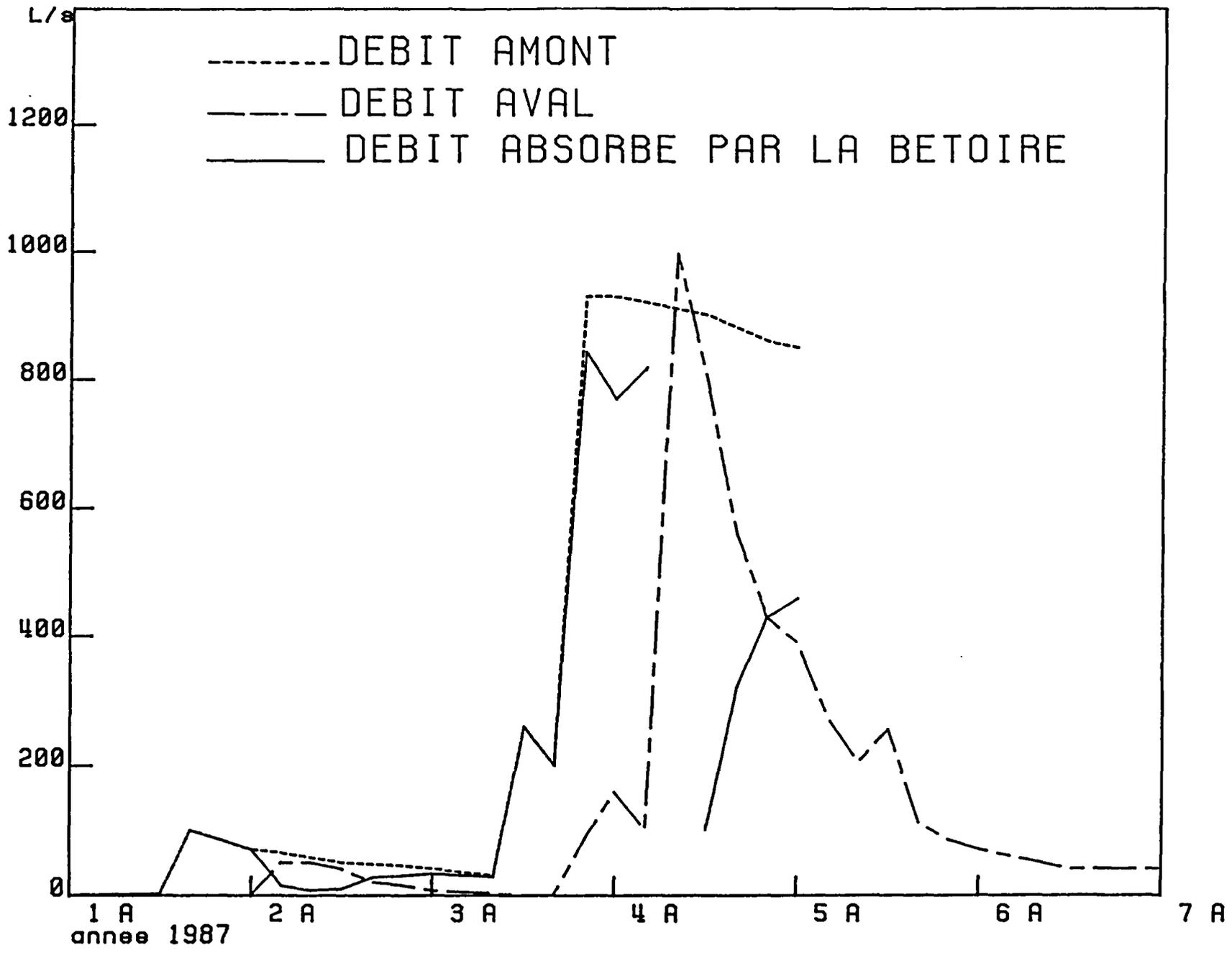
DEBITTS OBSERVES DU 27/2 AU 5/3/1987

FIGURE 2



DEBITS OBSERVES DU 21 AU 27/3/1987

FIGURE 3



NRITS OBSERVES DU 01 AU 06/04/1987

FIGURE 4

Les stations ont pu être construites grâce à l'autorisation du président du syndicat d'assainissement agricole. Un certain nombre d'incidents ont malheureusement perturbé les mesures, malveillance, ennoyage des stations, rupture d'appui de la station aval ; malgré le petit nombre d'épisodes pluvieux dont certains très brutaux durant l'année 1987, on a pu faire les observations suivantes :

- Episode du 27/02/1987 au 05/03/1987 (Fig.2)

Débit absorbé par la bétairie :

Max : 100 à 130 l/s Durée 8 heures-10 heures Volume infiltré : 4.100m<sup>3</sup>

Débit moyen: 52 l/s Durée 120 heures - Volume infiltré : 22.500 m<sup>3</sup>

- Episode du 21/03/1987 au 22/03/1987 (Fig.3)

Débit absorbé par la bétairie :

Max : 140 l/s - Débit moyen pendant 16 h : 100 l/s (5.760m<sup>3</sup>)

Débit moyen mesurable : 61 l/s - Durée 36 h - Volume infiltré 79.056m<sup>3</sup>

Le dispositif de mesure de la station amont a sauté le 22/03 à 16 heures ; le débit maximal écoulé à la station aval a atteint 100l/s. L'épisode a duré jusqu'au 27 mars à 0 h.

- Episode du 01/04/1987 au 09/04/1987 (Fig.4)

Débit absorbé par la bétairie :

Maximum le 03/04/1987 à 20 h : 845 l/s

Episode maximum : du 03/04/1988 au 05/04/1988 0 h - Débit moyen 375l/s

Volume infiltré de l'ordre de 54.000 m<sup>3</sup>.

Le dispositif de mesure sur la station amont a sauté le 05/04 à 0 h. La station aval a enregistré un écoulement qui a varié de 390 l/s à 0 jusqu'au 09/04/1987 à 0 h.

- Episodes mesurés ponctuellement

15/10/1987 - Débit absorbé 730 l/s

22/01/1988 - Débit absorbé 200 l/s

En conclusion, les mesures ont montré que le débit apporté par les eaux de ruissellement peut dépasser le mètre cube par seconde, que la durée de l'écoulement à des débits de cette hauteur peut atteindre des valeurs comprises entre 8 et 24 heures.

En début d'épisode pluvieux, la béttoire est assez colmatée ; le débit d'absorption maximal a dépassé 800 l/s, et les volumes d'eau de ruissellement absorbés par le réseau karstique atteignent des valeurs de 50 à 60.000 m<sup>3</sup>.

5. COLORATION

Deux kilogrammes de fluoréscéine ont été injectés le 29 février 1988 à 11 h dans les eaux de ruissellement absorbées par la béttoire de Pavier.

Les points d'exhaure surveillés ont été :

- . la source du Doult Claireau
- . le nouveau forage du SERSAEP à Ecaquelon

Deux fluocapteurs témoins avaient été posés auparavant le 28 janvier à 10 h sur le premier point, et à 15 h sur le second.

Un préleveur automatique a été posé sur la source du Doux Claireau avec une fréquence de prélèvement toutes les quatre heures.

Les résultats sont les suivants (mesure de la fluoréscéine sensibilité 30 au fluorimètre sur le révélateur des fluocapteurs).

Source du Doult Claireau

	T0	T1	T2	T3
Date et heure de relevé	29/01 10h10	01/02 15h35	04/02 9h30	08/02 15h45
Mesures	0	71	105	0
Durée en heures depuis la date d'injection		76,5	142,5	244

Le colorant commence donc a réapparaître moins de 76 heures après son injection ; le maximum a été absorbé par le fluocapteur T2, c'est à dire entre 76,5 et 142,5 heures. L'analyse du fluocapteur T3, négative, indique qu'en fait la totalité du colorant était passé au plus tard dans les 142 heures suivant l'injection.

L'examen des échantillons d'eau prélevés automatiquement sur la source n'a pas révélé la présence de fluoréscéine. Ce qui veut dire que la concentration du colorant dans l'eau de la source était inférieure à  $1 \times 10^{-9}$ .

Forage d'Ecaquelon

(Inutilisé à cette époque)

	T0	T1	T2	T3
Date et heure de relevé	29/01 10h40	01/02 15h50	04/02 10h30	08/02 16h10
Mesure	0 négative	24 positive	37 positive	0 négative
Durée en heures depuis la date d'injection		76,8	143,5	245

Le début de l'arrivée du colorant, enregistré au fluocapteur T1 relevé au bout de 76,8 h, se produit donc dans un délai inférieur à trois jours. La pointe arrive entre 3 et 6 jours, et la totalité du flux passe en moins de 6 jours.

Ceci permet de dire qu'un flux de pollution déversé accidentellement dans la béttoire du Pavier arrive en trois jours aux deux captages s'il est miscible à l'eau et s'il est entraîné par des eaux de ruissellement. L'intensité de la fluorescence a été moins forte au forage qu'à la source.

Par ailleurs, lors de reconnaissances préalables de terrain, on a vu que le fond du lit de thalweg était parsemé de zones d'absorption

avec même des décollements entre le bétonnage et le terrain naturel sous les ponts.

On peut donc penser que le karst, y compris sa partie généralement dénoyée est en cours d'érosion lors des phénomènes de ruissellement, et l'ouverture d'une "béttoire" en amont du Pavier confirme ce fait.

D'autre part, le pisciculteur qui se trouve à l'aval de la source d'AEP a signalé qu'un afflux d'eau turbide s'est produit pendant 24 heures du 11 au 12 février 1988 ; le service des eaux de la SAUR qui a reçu et transmis l'information n'a rien observé de comparable sur la source d'AEP.

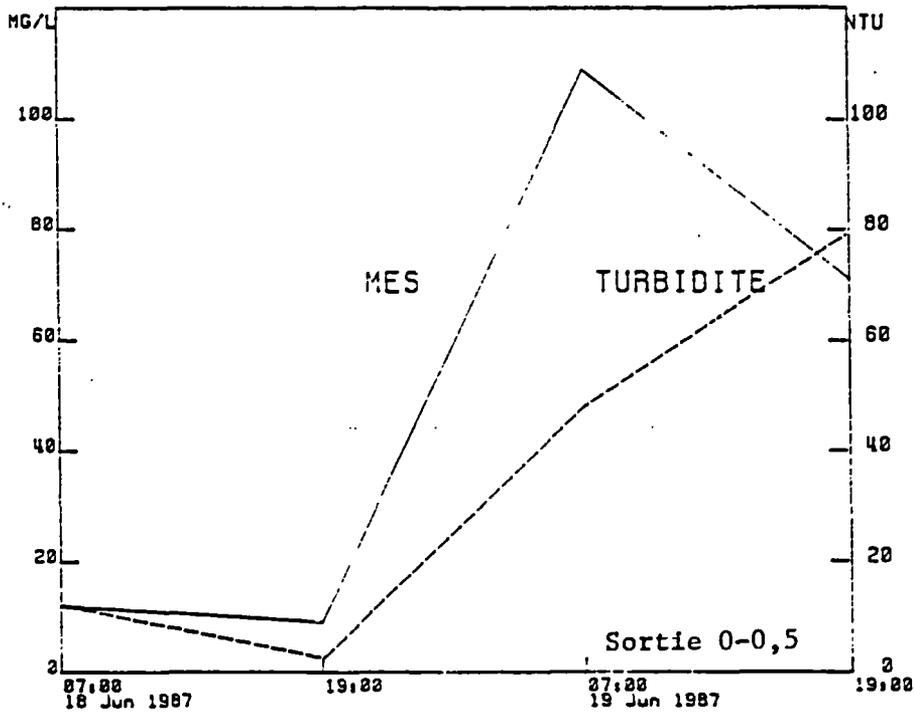
## 6. BILAN QUALITATIF DES EAUX D'INJECTION ET D'EXHAURE

La caractérisation de ce bilan a été réalisée par le suivi de trois épisodes pluvieux (18-19/06/1987, 22-23/01/1988, 28-29/03/1988)

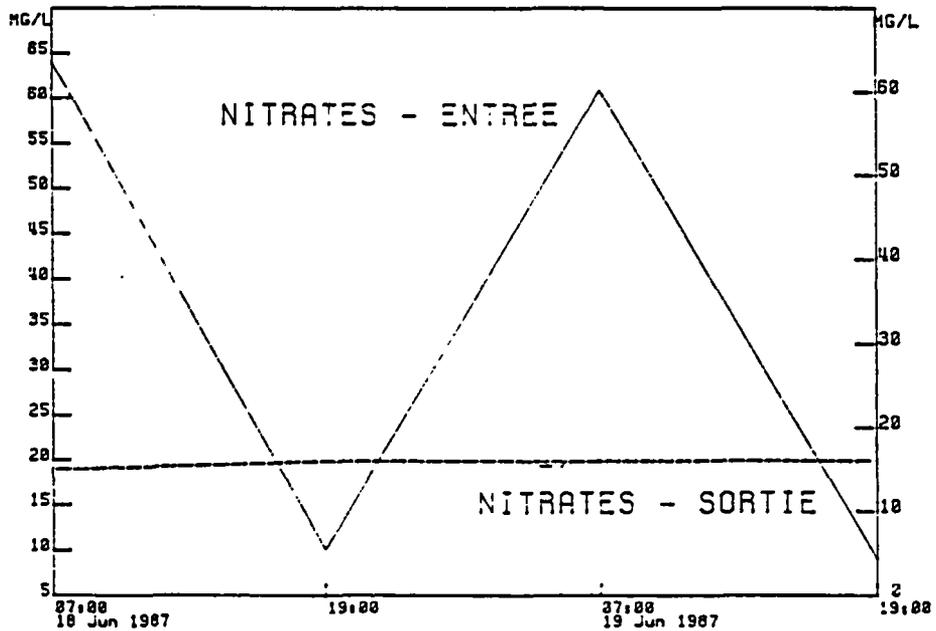
constitué de quatre prélèvements d'eau pour analyses espacés plus ou moins régulièrement d'une dizaine d'heures pendant deux jours, sur les eaux de ruissellement de la béttoire du Pavier (entrée) et sur les eaux de la source du Doult Claireau (sortie).

Les analyses faites par le service régional de l'aménagement des eaux sont données en annexe.

FIGURE 5

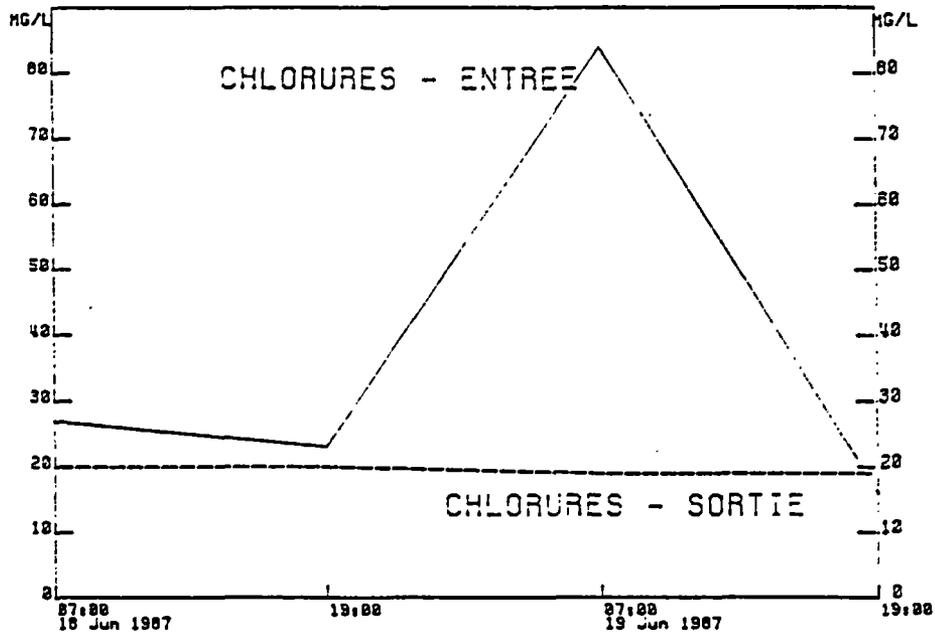


TURBIDITE ET MES - 18/19-06-1987 ENTREE

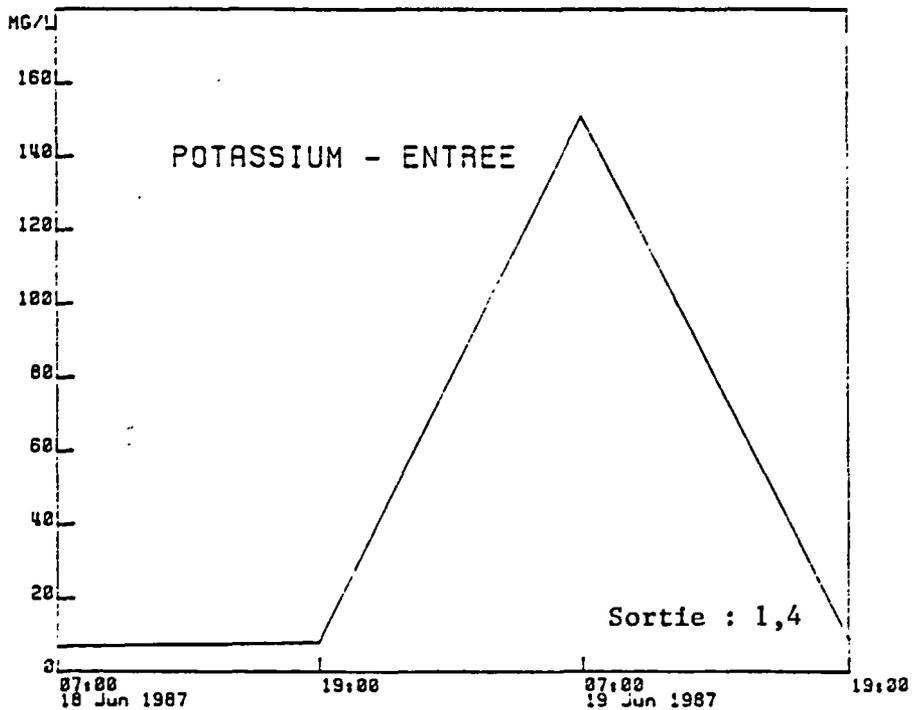


NITRATES - PERIODE DU 18/19-06-1987

FIGURE 6

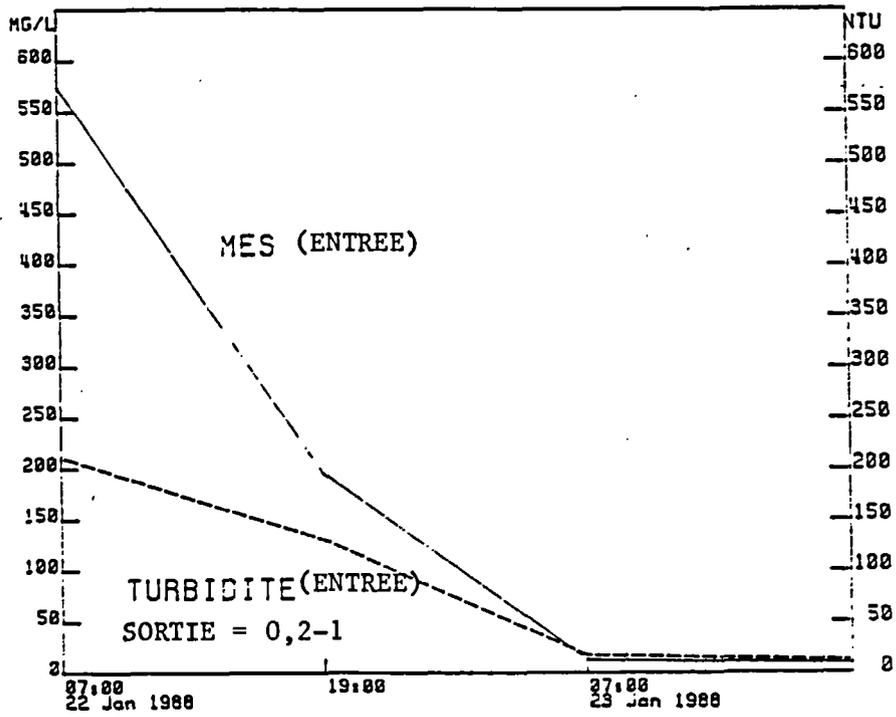


CHLORURES - PERIODE DU 18/19-06-1987

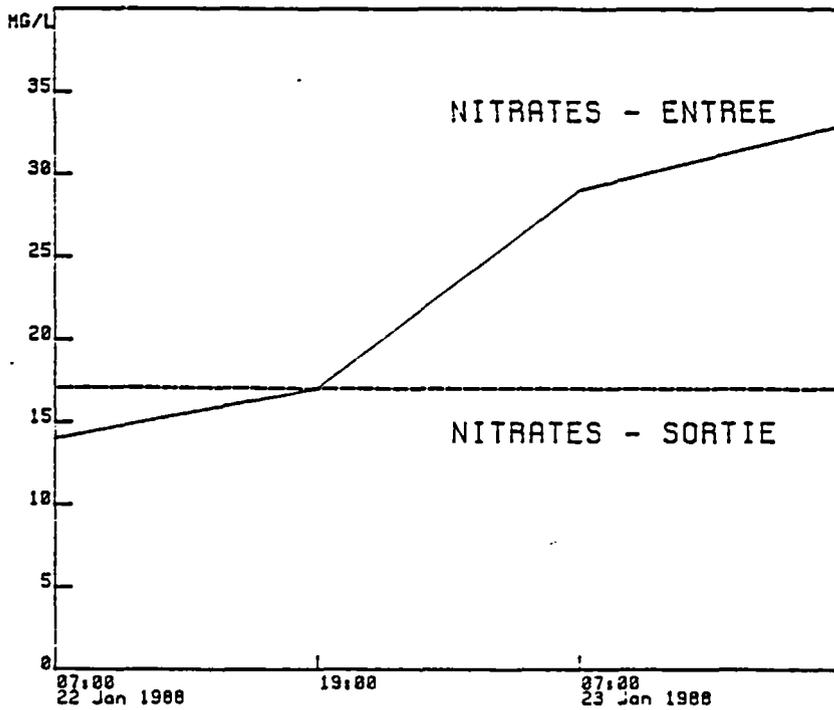


POTASSIUM - 18/19-1987 ENTREE

FIGURE 7

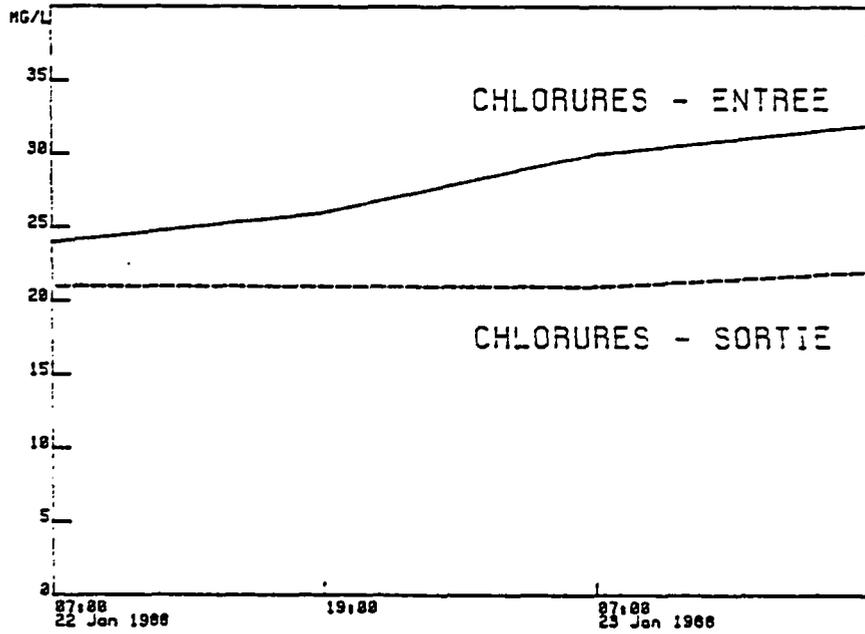


TURBIDITE ET MES - 22/23-01-1988 ENTREE

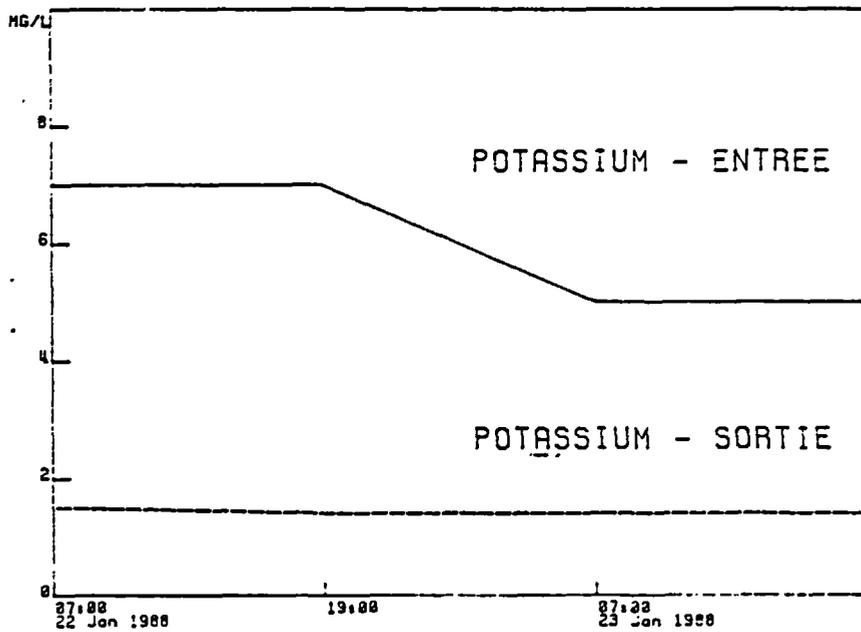


NITRATES - PERIODE DU 22/23-01-1988

FIGURE 8

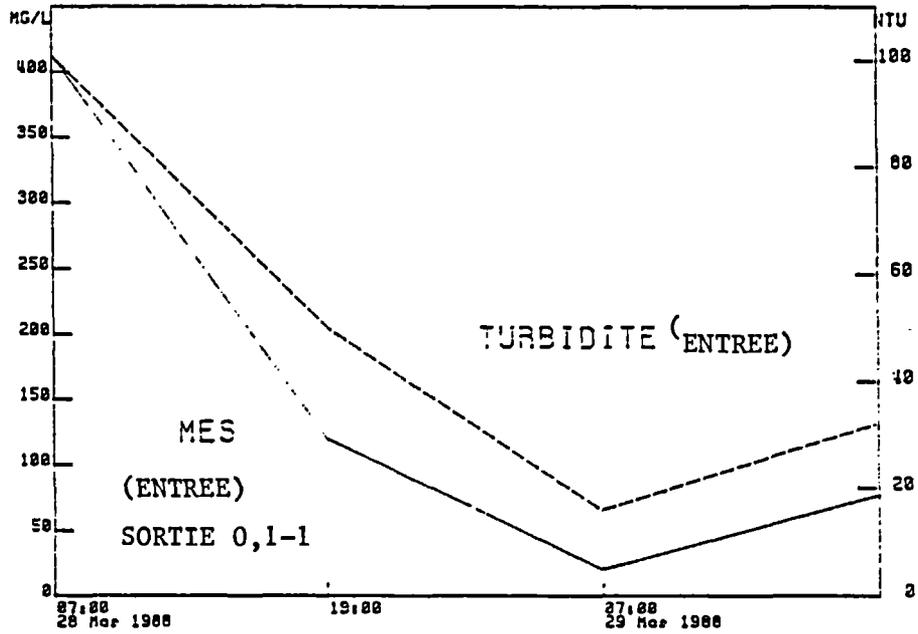


CHLORURES - PERIODE DU 22/23-01-1988

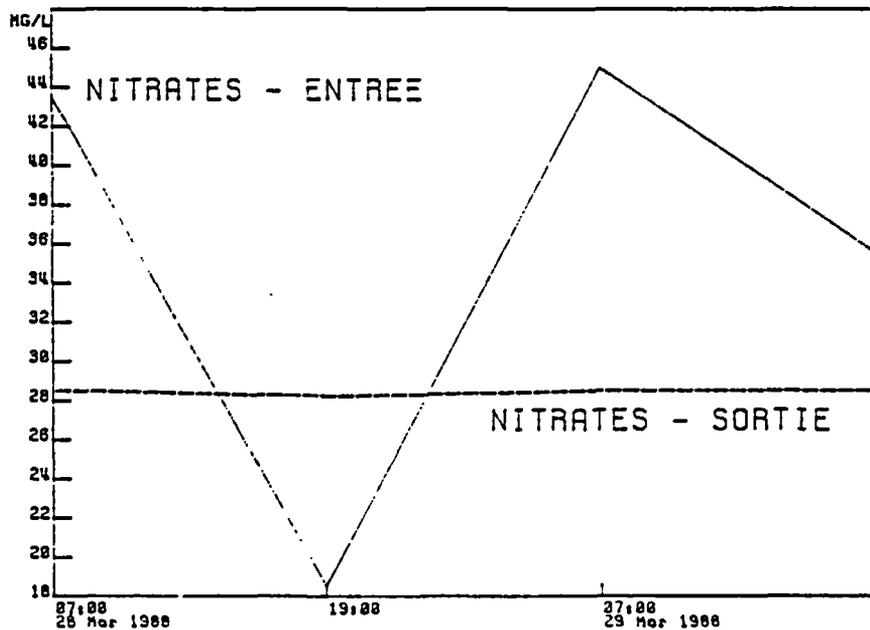


POTASSIUM - PERIODE DU 22/23-01-1988

FIGURE 9

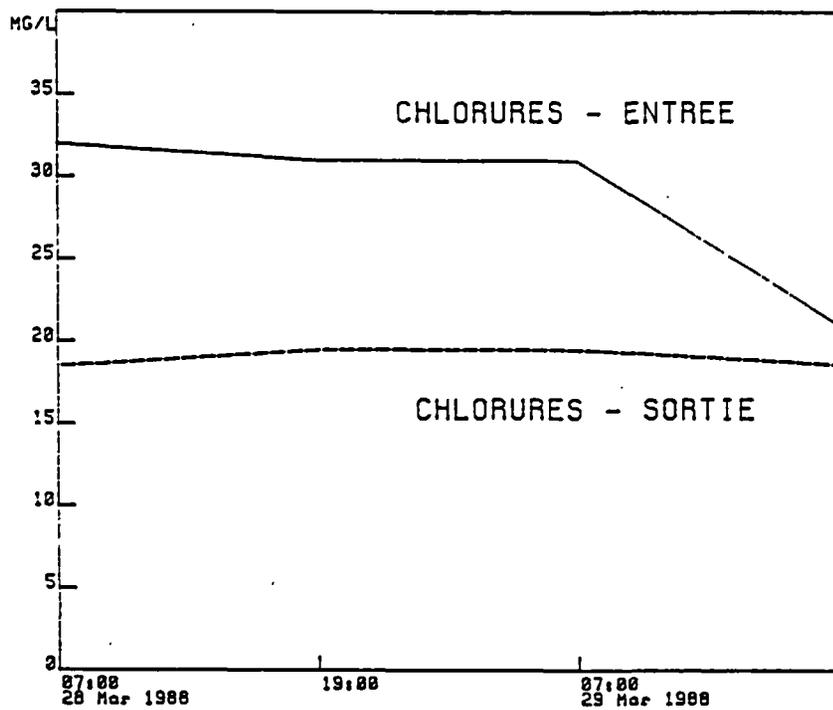


TURBIDITE ET MES - 28/29-03-1988

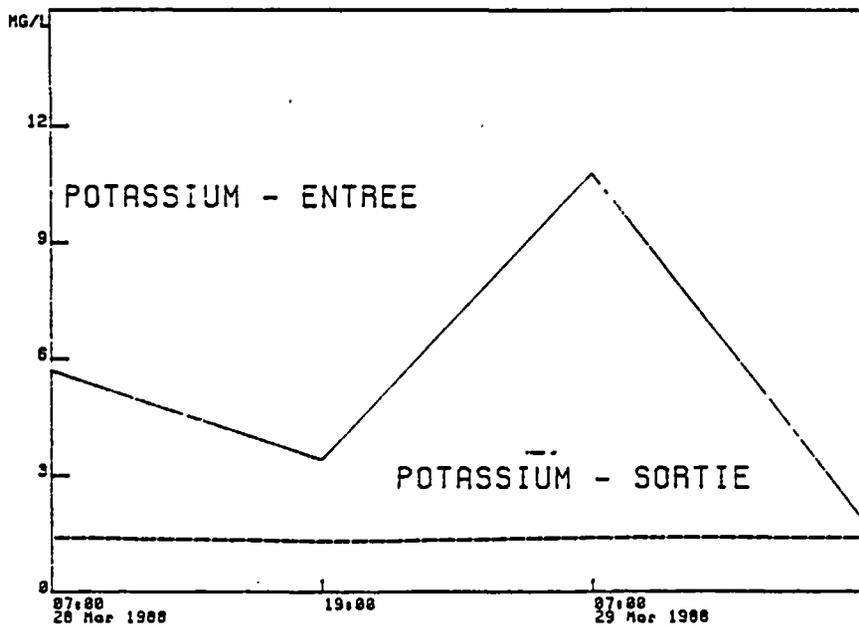


NITRATES - PERIODE DU 28/29-03-1988

FIGURE 10



CHLORURES - PERIODE DU 28/29-03-1988



POTASSIUM - PERIODE DU 28/29-03-88

## 6.1 Descriptif

On peut faire les commentaires suivants (Cf fig 2 à 7) :

### . Turbidité - Matières en suspension

Les eaux de ruissellement lors des trois épisodes pluvieux, ont des concentrations très variables avec des pics importants (400 - 500 mg/l en MES, 100 - 300 NTU en Turbidité) ; on remarquera que les teneurs mesurées en juin 1987 sont moins élevées qu'en janvier et mars 1988 (influence de la végétation probable).

Les eaux de la source de Doult Claireau n'ont pas été affectées par les concentrations exagérées de turbidité de matières en suspension.

### . Nitrates

Les trois épisodes montrent des concentrations variables des eaux de ruissellement avec une amplitude cependant plus élevée en juin 1987 ; la pointe de 64 mg/l est du même ordre de grandeur que le maximal observé lors du cliché chimique.

Les concentrations les plus faibles sont observées lors de l'épisode de janvier 1988.

Aucune influence sur la source de ces épisodes n'est détectable ; les concentrations sont constantes pendant chaque épisode ; on note cependant un accroissement de 1,5 mg/l de juin 1987 à mars 1988.

Par ailleurs, les nitrates représentent la quasi totalité des matières azotées des eaux de ruissellement, car l'ammonium et les nitrites ont des valeurs inférieures à 1 mg/l, sauf lors du prélèvement n°3 du premier épisode où la concentration en  $\text{NH}_4$  a atteint 8 mg/l.

### . Chlorures

Les eaux de ruissellement ont des concentrations comprises entre 20 et 32 mg/l sur les trois épisodes pluvieux, sauf au prélèvement n°3 de juin 1987 où la teneur a atteint 84 mg/l.

Cette pointe est à rapprocher :

- de la teneur en  $\text{NH}_4$  citée plus haut
- de la teneur en orthophosphate 7,2 mg/l alors qu'en général elle est comprise dans un intervalle 0,5 - 1 mg/l
- de la teneur en phosphore total (4,4 mg/l) qui en général est faible (0,05 - 1 mg/l)
- de la teneur en potassium dont on parlera plus loin.

Les concentrations des eaux de la source sont constantes comprises entre 18 et 22 mg/l et ne subissent aucune influence de la part des eaux introduites dans le karst.

### . Potassium

Les eaux de ruissellement ont des concentrations quasi constantes, 5 à 10 mg/l sauf le troisième prélèvement (151 mg/l) de l'épisode de juin 1987.

Les eaux de la source ont une teneur constante de 14 mg/l.

Les autres paramètres, conductivité, oxydabilité, azote Kjeldahl suivent ce même schéma.

## 6.2 Commentaires généraux

Le lessivage des surfaces agricoles de l'amont du bassin induit des teneurs variables en ions au cours d'un même épisode ; d'autre part, l'évolution des concentrations peut être différente suivant l'époque. L'épisode de juin 1987 a introduit dans le karst

beaucoup plus de produits que les deux autres. En particulier, on a pu observer, au cours de cet épisode, un apport important au troisième prélèvement de l'ensemble des minéraux, matières en suspension, nitrates, ammonium, chlorures et potassium.

Les stations de jaugeage n'ont pu jouer leur rôle, car la succession des quelques épisodes pluvieux de début 1987 les ont détruites partiellement, arrachage des limnigraphes, destruction de l'appui gauche de la station aval, infiltration de l'eau du fait de l'affaissement partiel du terrain naturel sous la dalle de béton support de la station amont. Les débits de ruissellement ont en fait été sous évalués, et on peut admettre qu'ils ont, de temps à autre, dépassé la pointe de 2 mètres cubes par seconde. Il aurait fallu en fait construire des stations permanentes type Parshall 6 ou 8 pieds avec bétonnage des rives du fossé sur une longueur de 50 m.

Quoiqu'il en soit, on peut se donner des ordres de grandeurs des quantités de produits introduites dans le karst.

#### Phénomènes de pointe

Débit absorbé pour la bétairie 700 l/s, durée de l'épisode 4h  
volume absorbé 10.080 m<sup>3</sup>.

MES	100 mg/l	1 tonne
NO <sub>3</sub>	60 mg/l	0,6 tonne
Chlorures	80 mg/l	0,8 tonne
Potassium	150 mg/l	1,5 tonne
Orthophosphate	7 mg/l	70 kilogrammes

Si des ruissellements importants se produisent plus ou moins simultanément avec des apports de produits culturaux ou de produits phytosanitaires, il y aura introduction dans le karst de plusieurs tonnes de ces produits, au détriment de leur usage original.

### Phénomènes moyens

L'épisode pluvieux introduit dans le karst un volume d'eau de 50.000 m<sup>3</sup> environ. En admettant à titre d'exemple une teneur moyenne de 32 mg/l (moyenne des trois épisodes) en nitrates, la quantité de nitrates introduite dans le karst atteint 1,6 tonne.

Donc, suivant les années et les pratiques culturales, l'absorption des eaux de ruissellement introduit dans le réseau karstique plusieurs tonnes de produits issus de la surface. Ces quantités seront d'autant plus importantes que les épisodes pluvieux se conjugueront aux épandages de produits culturaux ; en effet, plus le lessivage de ces produits par les pluies sera fréquent et nitreux, plus les agriculteurs seront obligés d'épandre des quantités supplémentaires.

La structure hydrogéologique du système aquifère ne permet pas de voir l'influence des absorptions sur la source du Doult Claireau ; ce phénomène n'était pas prévisible, car elle a été colorée à chaque injection de traceur dans la béttoire du Pavier. Mais la forte dilution de la fluoréscéine liée à la non réponse aux infiltrations des éléments minéraux nous fait admettre que la source qui écrête la nappe correspond à un circuit secondaire ; la fluoréscéine est passée dans le circuit secondaire par suite de son aptitude à la dispersion dans le milieu souterrain ; la partie amont du réseau karstique est en charge en période d'absorption des eaux de ruissellement ; cette pression se transmet dans la partie aval du réseau qui est constamment noyée ; il y a réalimentation de la nappe par le réseau. Par contre, en période normale où le thalweg est sec, la partie aval du réseau karstique draine la nappe.

D'autre part, on sait par les études CDE faites sur l'exploitation des ressources en milieu poreux latéral aux karsts, que les matières en suspension restent dans les conduits de fissures. Par contre, pour les matières minérales dissoutes, la source n'a pas été touchée du fait de leur moins bonne aptitude à la dispersion que la fluoréscéine et peut être aussi du fait d'un renversement rapide des écoulements par suite de la cessation de l'absorption des eaux dans le réseau amont.

Le forage d'Ecaquelon a lui aussi été touché par le traçage à la fluorocéline. Le foreur n'a pas rencontré de vide franc lors de la foration, mais sur la coupe géologique on a noté des passées argilo sableuses vers 36-37 m de profondeur au sein de la craie à silex, et une eau chargée en sable lors des pompages d'essai. Comme aucune mesure n'a pu être faite sur ce forage, puisqu'il n'était pas équipé (et qu'il fonctionne temporairement), on ignore s'il traverse le réseau principal du karst.

Si c'est le cas, comme il s'agit d'un renfort, les besoins coïncideront avec une période sèche dans la majorité des cas ; on peut donc prévoir que l'eau prélevée sera de bonne qualité. Si le prélèvement coïncide avec un épisode de ruissellement, l'eau risque d'être mauvaise. Si par contre, le forage capte l'eau d'un réseau secondaire, on peut espérer une qualité au moins convenable par tout temps.

Une autre question concerne le devenir des eaux de ruissellement à l'aval. Lors de la sortie du 25 mars 1988 avec l'agence du bassin, on a pu assister à la propagation dans la partie aval du thalweg des eaux de ruissellement dont le débit à la station aval était estimé à 1,5 m<sup>3</sup>/sec. Le flux s'est propagé jusqu'au forage d'Ecaquelon lors de cette matinée, et par la suite s'est arrêté avant le site de la source du Doult Claireau ; la prairie entourant cet ouvrage était quasiment noyée par l'affaissement de la nappe, mais aucune trace de turbidité ou de matières en suspension n'était décelable à l'oeil. Rien de particulier n'était signalé à la source de la pisciculture. Aucune émergence des eaux issues du karst n'est visible. On admet qu'il débouche dans la vallée de la Risle et que l'eau se disperse dans la masse de graviers alluvionnaires et dans la craie. Le même phénomène avait été observé lors de l'effondrement d'un des bassins d'eau industrielle de Norville en 1983 ; 75.000 m<sup>3</sup> d'eau avait été absorbés en 4 h 1/2 environ ; l'absorption avait provoqué l'apparition de dolines tout autour du bassin, mais aucune trace n'était apparue plus à l'aval.

A noter que pour simplifier l'exposé on a parlé de réseau principal et de réseau secondaire ; il s'agit bien entendu d'une image, car la géométrie des vides souterrains est inconnue.

### 6.3 Autres données

Quelques données complémentaires ont été acquises lors de ces investigations.

Le 19 juin 1987 des prélèvements ont été réalisés sur un drain agricole allant dans un puisard et sur un fossé ; on a obtenu les teneurs suivantes :

	Drain	Fossé
Turbidité NTU	13,00	35,00
NH <sub>4</sub> mg/l	0,01	0,08
NO <sub>3</sub> mg/l	37,50	1,00
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	3,48	0,48

Le drain agricole récupère beaucoup moins de particules limoneuses, mais plus de substances dissoutes (nitrates et phosphates).

Une autre expérimentation a été réalisée le 28 mars 1988 à Montreuil l'Argillé, avec les résultats suivants :

	Drain	Fossé
MES mg/l	34,80	3105,00
Turbidité NTU	22,00	125,00
NO <sub>3</sub> mg/l	24,50	37,00
NT <sub>K</sub> mg/l	1,40	14,20
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	0,04	0,08
P	0,21	1,14
Oxydabilité	3,40	42,40

Les résultats de la première expérimentation sont confirmés pour la turbidité et les matières en suspension ; par contre, le fossé capte plus d'éléments dissous que le drain enterré.

En troisième lieu une campagne d'analyse d'eau de ruissellement a été réalisée lors de la visite de l'agence le 29 mars 1988 sur cinq points situés d'amont en aval de la béttoire du Pavier atteignant 1,5 m<sup>3</sup>/sec. Ces données détaillées sont en annexe.

On peut faire les commentaires suivants :

- Les eaux de ruissellement sont plus faiblement minéralisées que la source ( de 2 à 500 ohms/cm).
- La turbidité et les matières en suspension, élevées depuis le pont de la RN 138 jusqu'au pont d'Ecaquelon, chute rapidement au point proche du forage du S.E.R.S.AEP, au front d'écoulement. La source est claire.
- Ammonium, nitrites, NTK, phosphate, phosphore, oxydabilité et potassium pour les eaux superficielles restent constants, ou diminuent légèrement aux concentrations de la source.
- Nitrates et chlorures ont des valeurs sensiblement égales à celles de l'eau souterraine, et lors de cet épisode aucun apport en excès du lessivage n'est venu polluer l'eau souterraine.

Ces résultats ont été complétés par un comptage des éléments en suspension au microscope électronique à balayage réalisé par l'université de Rouen (T. Leboulanger). Le détail des résultats est donné en annexe. On peut retenir les éléments suivants :

- Le diamètre moyen des particules varie de 7 à 14 micromètres. Il s'agit donc bien de particules limoneuses,
- Les courbes montrent qu'en amont des sources du Pavier l'échantillon a plusieurs modes, 3,4-4,3  $\mu\text{m}$ , 8,6-10,4  $\mu\text{m}$ , 21,7-27,30  $\mu\text{m}$  ; par contre, à l'aval Pont d'Ecaquelon niveau forage SERS AEP d'Ecaquelon, il se produit une certaine décantation, car les quantités de particules au delà de 10,84 micromètres de diamètre sont en très faible quantité.

## 7. CONCLUSION

L'étude réalisée a comme objectif de vérifier l'impact des eaux de ruissellement issues d'un milieu agricole et évacuées par des fossés, sur une source desservant une adduction d'eau potable. Le transit de l'eau se produit à travers un réseau karstique complexe, dont l'existence a été reconnue par traçage à la fluoréscéine.

On peut retenir les faits suivants :

. Les eaux de ruissellement, du fait du lessivage de surfaces agricoles, peuvent atteindre des concentrations importantes en minéralisations issues de la culture (azote, chlorure, potassium), en plus de particules en suspension et de particules limoneuses ; les débits infiltrés dans la bétairie du Pavier peuvent atteindre des valeurs de l'ordre du mètre cube par seconde. Ces deux facteurs conjugués induisent l'introduction de minéralisation en quantité de l'ordre de la tonne par épisode.

. Les quantités évacuées peuvent varier dans de fortes proportions, et il faudrait essayer d'abord d'éviter la conjugaison de périodes d'épandage avec des événements pluvieux de forte intensité, et ensuite de limiter les ruissellements qui appauvrissent progressivement les sols agricoles. Un assainissement des terres agricoles par drains enterrés apparaît plus souhaitable que la réalisation de fossés.

. Le mode prédominant d'habitat, et la dispersion dans un milieu cultural majoritaire ne permettent pas de distinguer l'origine des polluants ni de distinguer ce qui est issu des pratiques agricoles et des effluents humains.

Cette étude qui avait pour but de voir l'impact sur les eaux souterraines et en particulier sur la source du Doux Claireau, n'a pas atteint l'objectif à cause de la complexité des circulations souterraines, phénomène qui était imprévisible. La source du Doult Claireau ne paraît pas subir des contaminations issues du réseau karstique (au

moins pour la période d'étude). Par contre, on ne sait pas ce qui se passe exactement pour le nouveau forage du SERS AEP d'Ecaquelon. Ce phénomène est local, mais on le retrouve en Seine-Maritime à Valmont sur la source du Vivier, colorée plusieurs fois, mais au dire du gestionnaire, produisant une eau normalement distribuable avec la stérilisation d'usage. Il apparaît donc que dans certains cas, et sous réserve d'investigations approfondies des relations circulations karstiques/circulation dans le milieu poreux, certains réseaux karstiques pourraient être utilisés pour évacuer des eaux fortement nitrifiées, issues de réseaux enterrés de drainage, en attendant la mise en place de la maîtrise de ces phénomènes dans les pratiques culturales.

**ANNEXES**

ANNEXE 1  
Cliché Chimique

- Liste des points de prélèvements	1.1
- Résultats des analyses	1.2
- Bilan azoté - Caractéristiques des sites	1.3

ANNEXE 11

Le 01/04/1987

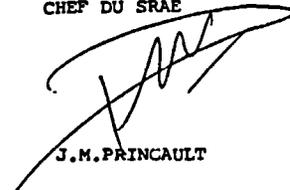
- \* Prélèvement N° 5 - 10 H 28 - Saint-Pierre de Bosguérard - Sortie (fossé) Station d'épuration environ 300 m - Ecoulement important.
- \* Prélèvement N° 6 - 11 H 00 - Marcouville lieu dit "La Vallée" Fossé Amont de deux bétoires (à environ 600 m du Point prévu) - Ecoulement peu important.
- \* Prélèvement N° 4 - 11 H 15 - Marcouville lieu dit "La Croix de Marcouville" - Fossé - Ecoulement important.
- \* Prélèvement N° 7 - 11 H 45 - Bosguérard de Marcouville lieu dit "Le Domaine" - Fossé - Ecoulement moyen.
- \* Prélèvement N° 8 - 12 H 30 - Bosguérard de Marcouville lieu dit "Le Manoir du Bosc" - Fossé - Faible écoulement.
- \* Prélèvement N° 3 - 14 H 30 - Lieu dit "La Fèvrerie" - Puisard - Ecoulement important.
- \* Prélèvement N° 2 - 15 H 22 - Lieu dit "Le Pavier" - Amont Bétoire - Ecoulement important.
- \* Prélèvement N° 1 - 16 H 15 - AEP Source AVAL Appeville Annebault - Rivière - Sortie AEP.
- \* Prélèvement N° 9 - 16 H 45 - "La Fèvrerie" - Fossé (D 124) - Ecoulement important .
- \* Prélèvement N°10 - 17 H 00 - Lieu dit "La Bénardière" - Ecoulement important fossé (RN 138).

Points de prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ammonium en mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0,01	0,05	0,31 <sup>xx</sup>	0,01	5,6 <sup>xx</sup>	0,04	4,7 <sup>xx</sup>	0,03	0,02	0,04
Nitrites en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0,01	0,20 <sup>x</sup>	0,15 <sup>x</sup>	0,15 <sup>x</sup>	0,40 <sup>x</sup>	0,05	0,10	0,10	0,10	0,05
Nitrates en mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17,0	55,0 <sup>x</sup>	30,0 <sup>x</sup>	13,4	9,4	17,8	47,0 <sup>x</sup>	10,8	70,0 <sup>x</sup>	19,0
N Kjeldahl en mg/l de N	0,20	0,80	1,0	0,80	5,1 <sup>xx</sup>	1,0	4,4 <sup>xx</sup>	1,0	5,0 <sup>xx</sup>	4,7 <sup>xx</sup>

x<sup>xx</sup> = concentration > CMA

x<sup>x</sup> = concentration > N.G

L'INGENIEUR DU GREP  
CHEF DU SRAE



J.M. PRINCAULT

Propriétaire ou demandeur des analyses : BRGM Rue Mazurier Mont-Saint-Aignan  
 Prélèvements réalisés par M. JACQUOT  
 Origine : eaux de ruissellement  
 Date d'arrivée au laboratoire : 2 avril 1987  
 Date du début d'analyse : 2 avril 1987  
 Observations diverses : Situation des points de prélèvement

SITUATION DES POINTS DE PRELEVEMENT

- 1 - AEP Source Appeville Annebault, 1.4.87
- 2 - Lieu dit Le Pavier, amont Bétoire, Ecoulement important, 1.4.87
- 3 - Lieu dit La Fèvrerie, puisard, Ecoulement important, 1.4.87
- 4 - Marcouville lieu dit La Croix de Marcouville
- 5 - St Pierre de Bosguérard 300 m en aval sortie station d'épuration (fossé)
- 6 - Marcouville lieu dit La Vallée, fossé, amont des deux bétoires
- 7 - Bosguérard de Marcouville, lieu dit Le Domaine (fossé)
- 8 - Bosguérard de Marcouville, lieu dit Le Manoir du Bosc (fossé)
- 9 - La Fèvrerie, écoulement fossé, 1.4.87
- 10 - Prélèvement fossé R N 139, 1.4.87

ANNEXE 1-3

CLICHE CHIMIQUE LE 01/04/1987

\*\* C > CMA

\* C > NG

1. Source du Doux Claireau exutoire

NO<sub>3</sub> = 17 mg/l      N = 3,84 mg/l

NKT = 0,20

2. Amont bétonné du Pavier écoulement important le 01/04/1987

Réceptacle écoulement

NH <sub>4</sub> = 0,05	)	N = 0,04	)	0,3%
NO <sub>2</sub> = 0,20 **	)	N = 0,60 **	13,6 mg/l ** )	7,0%
NO <sub>3</sub> = 55,00 **	)	N = 12,42 **	)	92,0%

NTK = 0,80

3. Puisard - Fossé écoulement important

Route, herbage, culture, éventuellement petite zone habitée  
diffuse

NH <sub>4</sub> = 0,31 **	)	N = 0,24	)	3,0%
NO <sub>2</sub> = 0,15 **	)	N = 0,04	) 7,05 mg/l *	0,5%
NO <sub>3</sub> = 30,00 *	)	N = 6,77 *	)	96,7%

NTK = 1 mg/l

4. Marcouville lieu dit la Croix de Marcouville

- Zones de cultures de l'amont du BV et proches
- Zone urbanisée Thuit Signol, Le Bos Boscherville
- + zones urbanisées fermes du berger : habitat rural
- Bois et prairies en minorité
- Ecoulement important

NH <sub>4</sub> = 0,01	N = 0,008 )	0,26%
NO <sub>2</sub> = 0,15 **	N = 0,045 ) 3,079 mg/l	1,50%
NO <sub>3</sub> = 13,4	N = 3,026 )	98,30%

NTK = 0,8 mg/l

5. Saint-Pierre de Bosguérard, 300 m sortie aval - Station d'épuration

- Ecoulement Thuit Simer (habitat rural) et Thuit Signol  
Zone urbaine
- Ecoulement Saint-Pierre de Bosguérard (habitat rural)
- Cultures dominantes
- Ecoulement important

NH <sub>4</sub> = 5,6 **	N = 4,67 ** )	67,0%
NO <sub>2</sub> = 0,4 **	N = 0,12 ) 6,91 mg/l	1,7%
NO <sub>3</sub> = 9,4	N = 2,12 )	30,7%

NTK = 5,1 mg/l \*\*

6. Marcouville lieu dit la Vallée, fossé amont des deux bétoires

- Fossé aval 2 bétoires - Ecoulement peu important
- Source de l'Albien
- Zone d'herbage environnante - Le Bos Boscherville
- Zone de cultures - Habitat rural Marcouville

NH <sub>4</sub> = 0,04	N = 0,03 )	0,70%
NO <sub>2</sub> = 0,05	N = 0,015 ) 4,06 mg/1	0,37%
NO <sub>3</sub> = 17,80	N = 4,019 )	98,88%

NTK = 1 mg/1

7. Bosguérard de Marcouville - Lieu dit le Domaine

Bois majoritaire - Habitat rural Clos Saint-Denis - Cultures  
Ecoulement moyen.

NH <sub>4</sub> = 4,70 **	N = 3,65 )	25,0%
NO <sub>2</sub> = 0,10	N = 0,03 ) 14,29 mg/1 **	0,2%
NO <sub>3</sub> = 47,00 *	N = 10,60 )	74,0%

NTK = 4,4 mg/1 \*\*

8. Bosguérard de Marcouville Le Manoir du Bosc F?

Aval point 4 - Ecoulement faible  
Bois en faible partie - Cultures - Habitat rural (Bosguérard,  
Marcouville + amont bassin...) - Prairies.

NH <sub>4</sub> = 0,03	N = 0,02 )	0,8%
NO <sub>2</sub> = 0,10	N = 0,03 ) 2,45 mg/1	1,0%
NO <sub>3</sub> = 10,80	N = 2,44 )	99,0%

NTK = 1,0 mg/1

**9. La Ferrerie - Les Prés du Tilly - Fossé D 124**

Cultures en majorité - Zones d'habitat rural - Ecoulement important.

NH <sub>4</sub> = 0,02	N = 0,015 )	0,09%
NO <sub>2</sub> = 0,10	N = 0,030 ) 15,85 mg/l **	0,19%
NO <sub>3</sub> = 70,00	N = 15,800 )	9,90%

NTK = 5,0 mg/l

**10. La Berrardière (RU 138) - Fossé de la RN**

RN et cultures - Ecoulement important

NH <sub>4</sub> = 0,04	N = 0,03 )	0,69%
NO <sub>2</sub> = 0,05	N = 0,015 ) 4,33 mg/l	0,30%
NO <sub>3</sub> = 19,00	N = 4,29 )	99,00%

NTK = 4,7 mg/l \*\*

ANNEXE 2  
Suivi qualitatif des épisodes pluvieux

Annexe 2.1	Premier épisode pluvieux
Annexe 2.2.1	Deuxième épisode pluvieux
Annexe 2.2.2	
Annexe 2.3.1	Troisième épisode pluvieux
Annexe 2.3.2	

B. R. G. M.  
Bétoire PAVIER

Rivière :	Date : 18 & 19-6-87				Météo :
Point de prélèvement	Pa 1	Pa 2	Pa 3	Pa 4	
Heure	9 h	18 h	8 h 30	14h50	
Hauteur d'échelle en m		"			
Débit en m <sup>3</sup> /s					
Température de l'air en °C					
Température de l'eau en °C					
pH en unités pH					
Oxygène dissous en mg/l de O <sub>2</sub>					
Saturation en %					
Conductivité en mho/cm	275	260	920	175	
Couleur					
Présence d'hydrocarbures					
Observations particulières					
DDO <sub>5</sub> en mg/l de O <sub>2</sub>					
MES en mg/l	11,6	8,8	108,8	71,2	
Turbidité en unité NTU	12,0	2,5	48,0	79,0	
Oxydabilité	6,2	7,8	62,0	15,4	
Ammonium en mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,28	0,08	8,4	<0,01	
Ammoniac non ionisé en mg/l de NH <sub>3</sub>					
Nitrites en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,20	<0,01	0,40	<0,01	
Nitrates en mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	64,0	9,6	61,0	9,0	
Cl <sup>-</sup>	26,8	23,0	84,3	16,3	
Orthophosphates en mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,40	0,04	7,2	0,80	
Phosphore total en mg/l de P	0,23	0,20	4,4	0,63	
Fer en mg/l de Fe <sup>2+</sup>					
Cuivre en mg/l de Cu <sup>2+</sup>					
Zinc en mg/l de Zn					
Azote Kjeldahl en mg/l de N	1,6	1,9	7,2	2,2	
Potassium en mg/l de K <sup>+</sup>	7,3	8,2	151	8,8	

B.R.G.M.

Rivière :	Date : 18 & 19-6-87				Météo :
Point de prélèvement	ST 1	ST 2	ST 3	ST 4	3 bis 11
Heure	9h15	18h30	9h00	15h10	
Hauteur d'échelle en m					
Débit en m <sup>3</sup> /s					drain fossé
Température de l'air en °C					
Température de l'eau en °C					
pH en unités pH					
Oxygène dissous en mg/l de O <sub>2</sub>					
Saturation en %					
Conductivité en mho/cm	500	505	505	510	
Couleur					
Présence d'hydrocarbures					
Observations particulières					
DBO <sub>5</sub> en mg/l de O <sub>2</sub>					
MES en mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	- -
Turbidité en unité NTU	0,2	0,2	0,25	0,30	13,0 35,5
Oxydabilité	0,35	0,10	0,15	0,25	- -
Ammonium en mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01 0,08
Ammoniac non ionisé en mg/l de NH <sub>3</sub>					
Nitrites en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01 <0,01
Nitrates en mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,4	16,0	16,0	15,8	37,5 1,0
Cl <sup>-</sup>	20,1	20,1	19,1	19,1	- -
Orthophosphates en mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,12	0,12	0,11	0,11	3,48 0,48
Phosphore total en mg/l de P	0,05	0,05	0,05	0,05	- -
Fer en mg/l de Fe <sup>2+</sup>					
Cuivre en mg/l de Cu <sup>2+</sup>					
Zinc en mg/l de Zn					
Azote Kjeldahl en mg/l de N	0,4	0,4	0,4	0,4	- -
Potassium en mg/l de K <sup>+</sup>	1,4	1,4	1,4	1,4	- -

45-

Annexe 2.1

DIRECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA FORET

SERVICE REGIONAL  
D'AMENAGEMENT DES EAUX

B.R.G.M. Amont bétoire "Le Pavier"

Point paramètre	Date Heure	22-01-88 9h30	22-01-88 16h00	23-01-88 9h00	23-01-88 17h30
pH en unités de pH		6,9	7,2	7,3	7,3
Conductivité en/mho/cm		220	225	290	300
MES en mg/l		575,0	196,0	12,1	9,2
Turbidité en unité NTU		210,0	130,0	17,0	12,0
Oxydabilité en mg/l de O <sub>2</sub>		14,8	8,8	4,2	3,3
Azote Kjeldahl en mg/l de N		5,3	2,6	1,5	1,2
Ammonium en mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0,36	0,28	0,24	0,44
Nitrites en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0,15	0,10	0,10	0,15
Nitrates en mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		14,4	16,8	29,0	33,0
Orthophosphates en mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		1,08	1,04	0,72	0,60
Phosphore total en mg/l de P		2,09	1,04	0,27	0,24
Chlorures en mg/l de Cl <sup>-</sup>		24,0	26,0	30,0	32,0
Sodium en mg/l de Na <sup>+</sup>		12,0	11,6	3,9	4,1
Potassium en mg/l de K <sup>+</sup>		6,8	7,2	4,7	4,5

RECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA FORET

SERVICE REGIONAL  
D'AMENAGEMENT DES EAUX

B.R.G.M. Station de Montfort-sur-Risle  
Source AEP

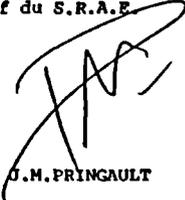
Point paramètre	Date Heure	22-01-88 10h15	22-01-88 17h15	23-01-88 9h45	23-01-88 18h15
pH en unités de pH		8,2	8,1	7,9	7,6
Conductivité en/mho/cm		480	480	490	490
MES en mg/l		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Turbidité en unité NTU		0,20	0,30	0,25	0,35
Oxydabilité en mg/l de O <sub>2</sub>		<0,2	<0,2	<0,2	0,2
Azote Kjeldahl en mg/l de N		0,6	0,9	0,5	0,5
Ammonium en mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0,17	0,03	0,01	0,01
Nitrites en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrates en mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		17,0	17,2	16,6	16,8
Orthophosphates en mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		0,24	0,21	0,20	0,23
Phosphore total en mg/l de P		0,08	0,08	0,07	0,08
Chlorures en mg/l de Cl <sup>-</sup>		21,0	21,0	21,0	22,0
Sodium en mg/l de Na <sup>+</sup>		9,6	9,7	9,6	9,6
Potassium en mg/l de K <sup>+</sup>		1,4	1,4	1,4	1,4

Le Laboratoire de Chimie des Eaux  
L'Hydrobiologiste



P. FERLIN

Par délégation,  
L'Ingénieur du G.R.E.F.  
Chef du S.R.A.E.



J.M. PRINGAULT

DIRECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA FORET

SERVICE REGIONAL  
D'AMENAGEMENT DES EAUX

B.R.G.M. Station de Montfort-sur-Risle  
Source AEP

Point paramètre	Date	28-01-88			
Heure	Heure	15h10			
pH en unités de pH		7,7			
Conductivité en $\mu\text{mho}/\text{cm}$		510			
MES en mg/l		1,2			
Turbidité en unité NTU		0,37			
Oxydabilité en mg/l de $\text{O}_2$		<0,2			
Azote Kjeldahl en mg/l de N		0,2			
Ammonium en mg/l de $\text{NH}_4^+$		<0,01			
Nitrites en mg/l de $\text{NO}_2^-$		<0,01			
Nitrates en mg/l de $\text{NO}_3^-$		17,8			
Orthophosphates en mg/l de $\text{PO}_4^{3-}$		0,11			
Phosphore total en mg/l de P		0,03			
Chlorures en mg/l de $\text{Cl}^-$		23,0			
Sodium en mg/l de $\text{Na}^+$		9,6			
Potassium en mg/l de $\text{K}^+$		1,3			

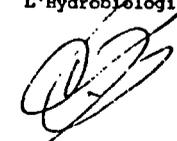
II - INTITULE DES ECHANTILLONS

1' : Clérot source 28.03.88 13 h 30 BRGM AEP  
2' : Clérot source 28.03.88 19 h BRGM AEP  
3' : Clérot source 29.03.88 8 h 30 BRGM AEP  
4' : Clérot source 29.03.88 18 h 30 BRGM AEP  
5' : Amont bétoire 28.03.88 13 h BRGM  
6' : Amont bétoire 28.03.88 19 h 30 BRGM AEP  
7' : Amont bétoire 29.03.88 8 h 00 BRGM  
8' : Amont bétoire 29.03.88 18 h 00 BRGM  
9' : Montreuil l'Argillé sortie de drain dans fossé 28.03.88 17 h 00 BRGM  
10' : Montreuil l'Argillé fossé 28.03.88 17 h 00 BRGM

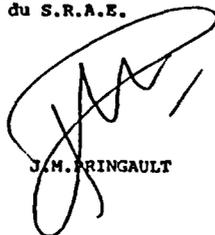
III - RESULTATS ANALYTIQUES

Point du paramètre	6'	7'	8'	9'	10'
pH en unités de pH	7,5	7,6	6,9	7,0	7,4
Conductivité en mho/cm	260	340	375	285	290
MES en mg/l	119,6	20,0	77,2	34,8	3105,0
Perte au feu sur MES % du poids sec	-	-	-	-	4,4
Turbidité en unité NTU	50,0	16,0	32,0	22,0	125,0
Ammonium en mg/l de $\text{NH}_4^+$	0,08	0,76	0,04	0,04	0,04
Nitrites en mg/l de $\text{NO}_2^-$	0,05	0,35	0,05	0,05	0,05
Nitrates en mg/l de $\text{NO}_3^-$	18,5	45,0	35,5	24,5	37,0
Azote Kjeldahl en mg/l de N	0,9	2,6	1,6	1,4	14,2
Orthophosphates en mg/l de $\text{PO}_4^{3-}$	0,52	0,68	0,48	<0,04	0,08
Phosphore total en mg/l de P	0,44	0,45	0,33	0,21	1,14
Chlorures en mg/l de $\text{Cl}^-$	30,6	30,6	21,3	19,5	22,3
Oxydabilité en mg/l de $\text{O}_2$	3,4	2,9	1,4	3,4	42,4
Potassium en mg/l de $\text{K}^+$	3,4	10,8	1,8	5,3	2,2

Le Laboratoire de Chimie  
des Eaux  
L'Hydrobiologiste

  
P. FERLIN

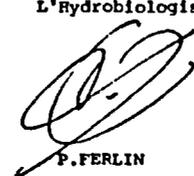
Par délégation,  
L'Ingénieur du G.R.E.F.  
Chef du S.R.A.E.

  
J.M. PRINGAULT

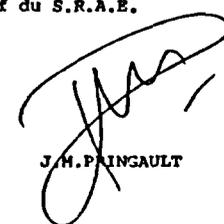
III - RESULTATS ANALYTIQUES

Point du paramètre	1'	2'	3'	4'	5'
pH en unités de pH	7,4	7,6	7,5	7,5	7,5
Conductivité en mho/cm	495	500	495	490	335
MES en mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	412,8
Perte au feu sur MES % du poids sec	-	-	-	-	10
Turbidité en unité NTU	0,13	0,35	0,22	0,32	100
Ammonium en mg/l de $\text{NH}_4^+$	0,03	0,03	0,02	0,03	0,08
Nitrites en mg/l de $\text{NO}_2^-$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15
Nitrates en mg/l de $\text{NO}_3^-$	17,5	17,0	17,5	17,5	43,5
Azote Kjeldahl en mg/l de N	<0,2	0,4	0,4	0,6	2,1
Orthophosphates en mg/l de $\text{PO}_4^{3-}$	0,13	0,13	0,14	0,13	0,44
Phosphore total en mg/l de P	0,05	0,05	0,05	0,05	0,75
Chlorures en mg/l de $\text{Cl}^-$	18,6	19,5	19,5	18,6	31,6
Oxydabilité en mg/l de $\text{O}_2$	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	3,6
Potassium en mg/l de $\text{K}^+$	1,4	1,3	1,4	1,4	5,7

Le Laboratoire de Chimie  
des Eaux  
L'Hydrobiologiste

  
P. FERLIN

Par délégation,  
L'Ingénieur du G.R.E.F.  
Chef du S.R.A.E.

  
J.M. PRINGAULT

### ANNEXE 3

Qualité des eaux de ruissellement dans le fossé principal

lors de l'écoulement du 25/03/1988

Annexe 3.1      Analyse de SRAE

Annexe 3.2      Etude des particules du laboratoire  
de géologie de Rouen.

II - INTITULE DES ECHANTILLONS

- 1 : Pont N 138 B.R.G.M. le 25.03.88
- 2 : Amont bétoire "Le Pavier" B.R.G.M. le 25.03.88
- 3 : Pont Ecaquelon B.R.G.M. le 25.03.88
- 4 : Fossé 400 m du captage d'Ecaquelon AEP B.R.G.M. 15 h 50
- 5 : AEP Captage de Montfort sur Risle - Source

III - RESULTATS ANALYTIQUES

Point du paramètre	1	2	3	4	5
pH en unités de pH	7,05	7,10	7,15	7,35	7,20
Conductivité en mho/cm	180	190	190	255	510
MES en mg/l	486,4	416,0	546,4	58,4	4,8
Perte au feu sur MES % du poids sec	12	13,6	15,7	NR	NR
Turbidité en unité NTU	190,0	180,0	250,0	42,0	0,28
Ammonium en mg/l de $\text{NH}_4^+$	0,40	0,36	0,60	0,08	0,01
Nitrites en mg/l de $\text{NO}_2^-$	0,15	0,10	0,15	0,10	<0,01
Nitrates en mg/l de $\text{NO}_3^-$	15,0	14,7	18,5	19,3	17,5
Azote Kjeldahl en mg/l de N	3,3	3,2	6,5	1,6	0,4
Orthophosphates en mg/l de $\text{PO}_4^{3-}$	0,88	0,80	0,84	0,72	0,11
Phosphore total en mg/l de P	1,40	1,30	2,28	0,49	0,04
Chlorures en mg/l de $\text{Cl}^-$	14,1	16,0	15,0	21,6	19,7
Oxydabilité en mg/l de $\text{O}_2$	10,0	9,5	13,0	5,4	0,35
Potassium en mg/l de $\text{K}^+$	7,0	6,7	8,2	5,7	1,3

Le Laboratoire de Chimie  
des Eaux  
L'Hydrobiologiste

P. FERLIN

Par délégation,  
L'Ingénieur du G.R.E.F.  
Chef du S.R.A.E.

J.M. PRINGAULT

ANNEXE 3.2

Résultats de l'analyse des particules au MEB

(Laboratoire de géologie de Rouen)

T. LÉBOULANGER

LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 19H.L.

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT n138-TL1

BRGM/TL1

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 9.40 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

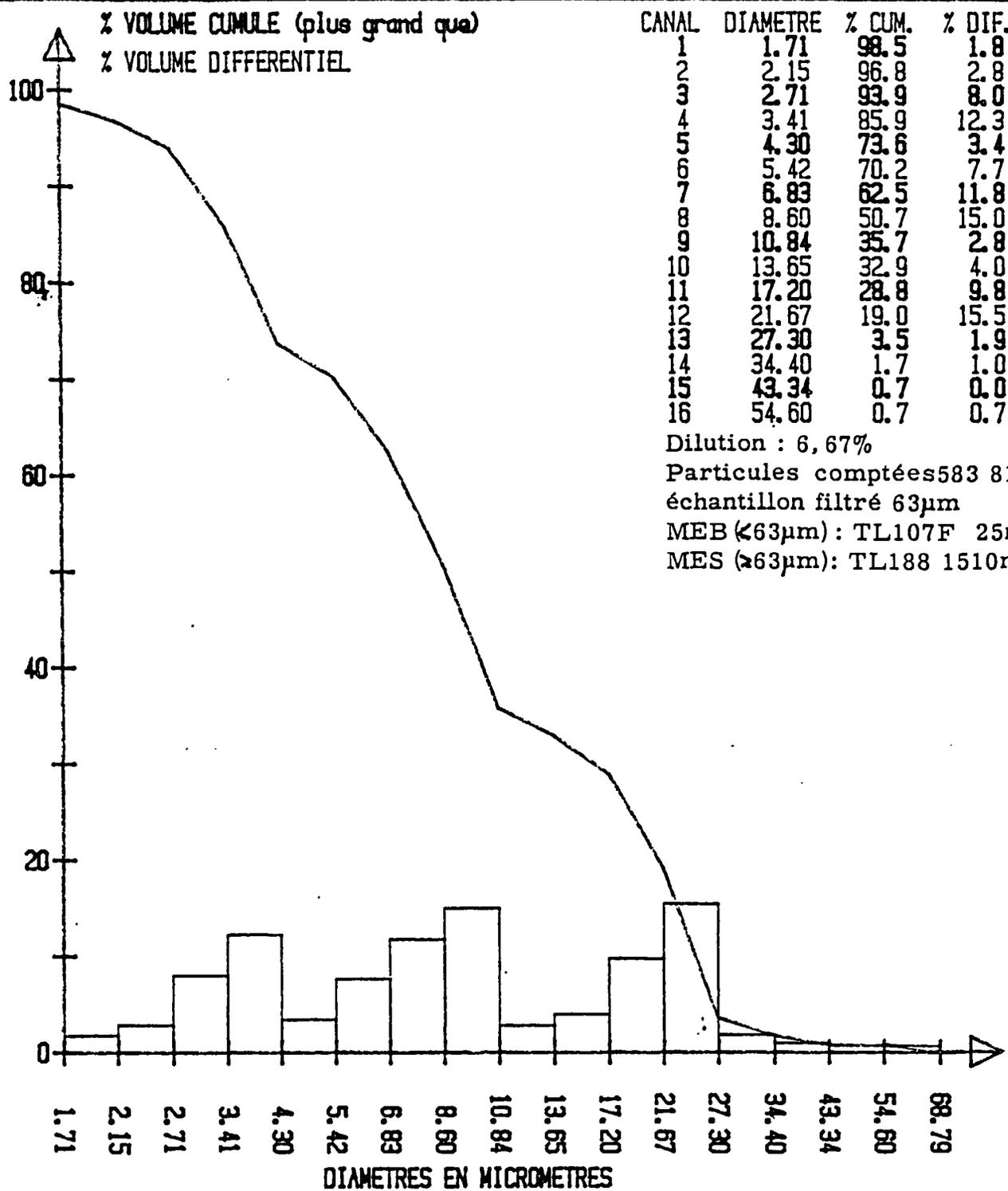
MODE : 24.49 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 8.82 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 12.06 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 19.15HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT n138-TLIRECOMPT BRGM/TL1RC

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 9.41 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

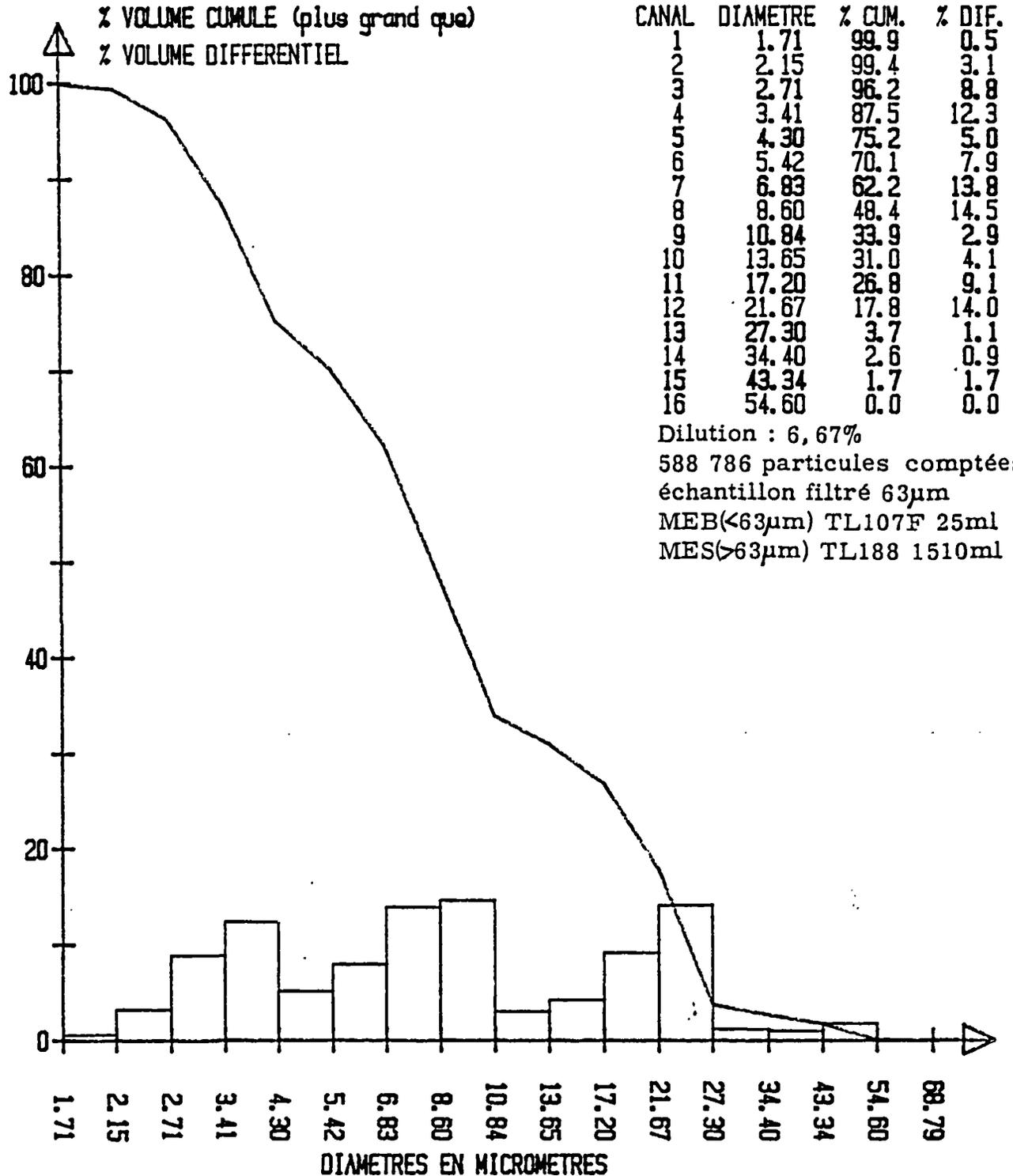
MODE : 9.72 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 8.41 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 11.78 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 20.15HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT n138-TL1REDIL

BRGM-TL1RD

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 10.44 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

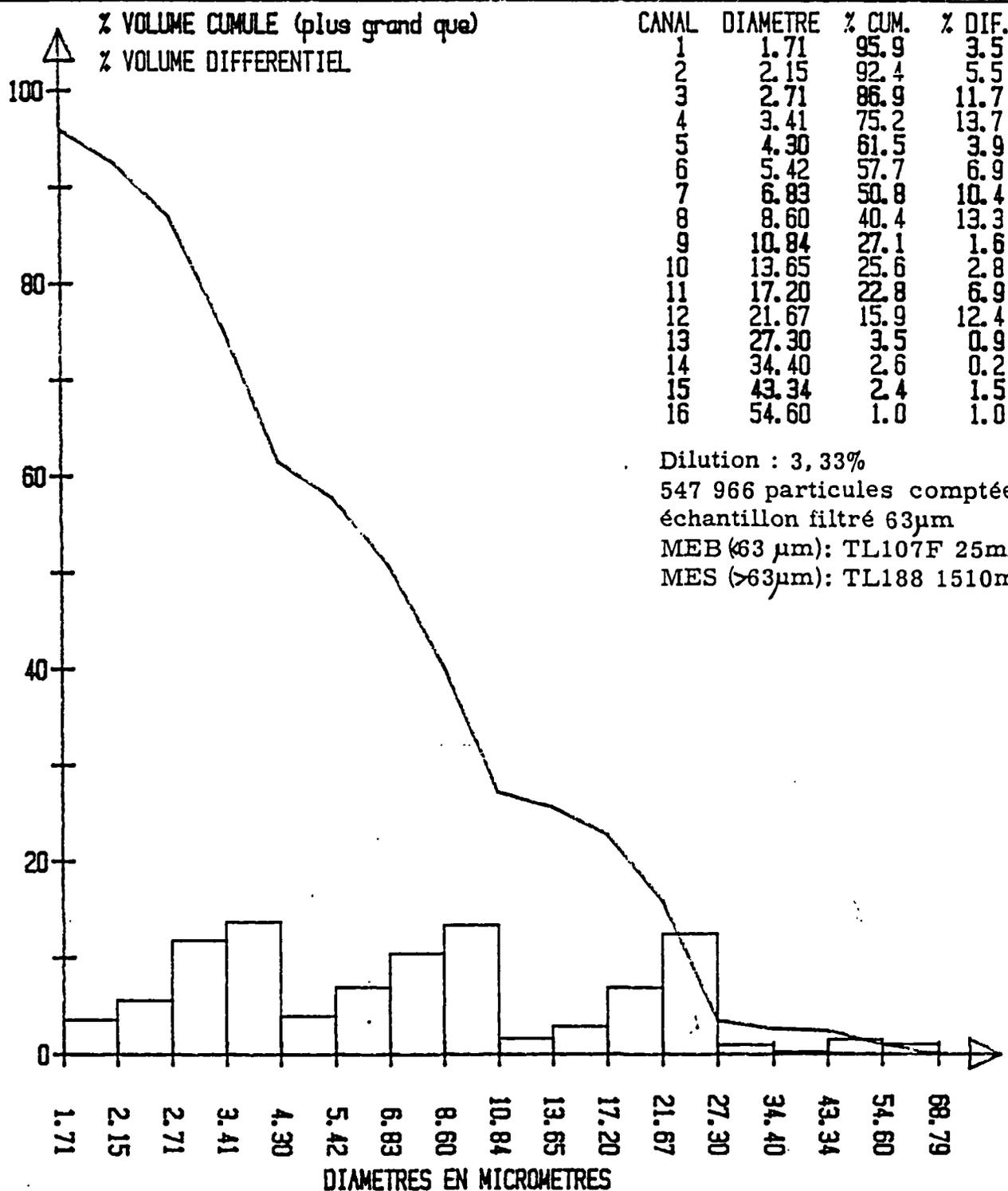
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 7.31 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 10.88 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 21.15HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT n138-TL1SURDIL BRGM/TL150

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 11.06 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

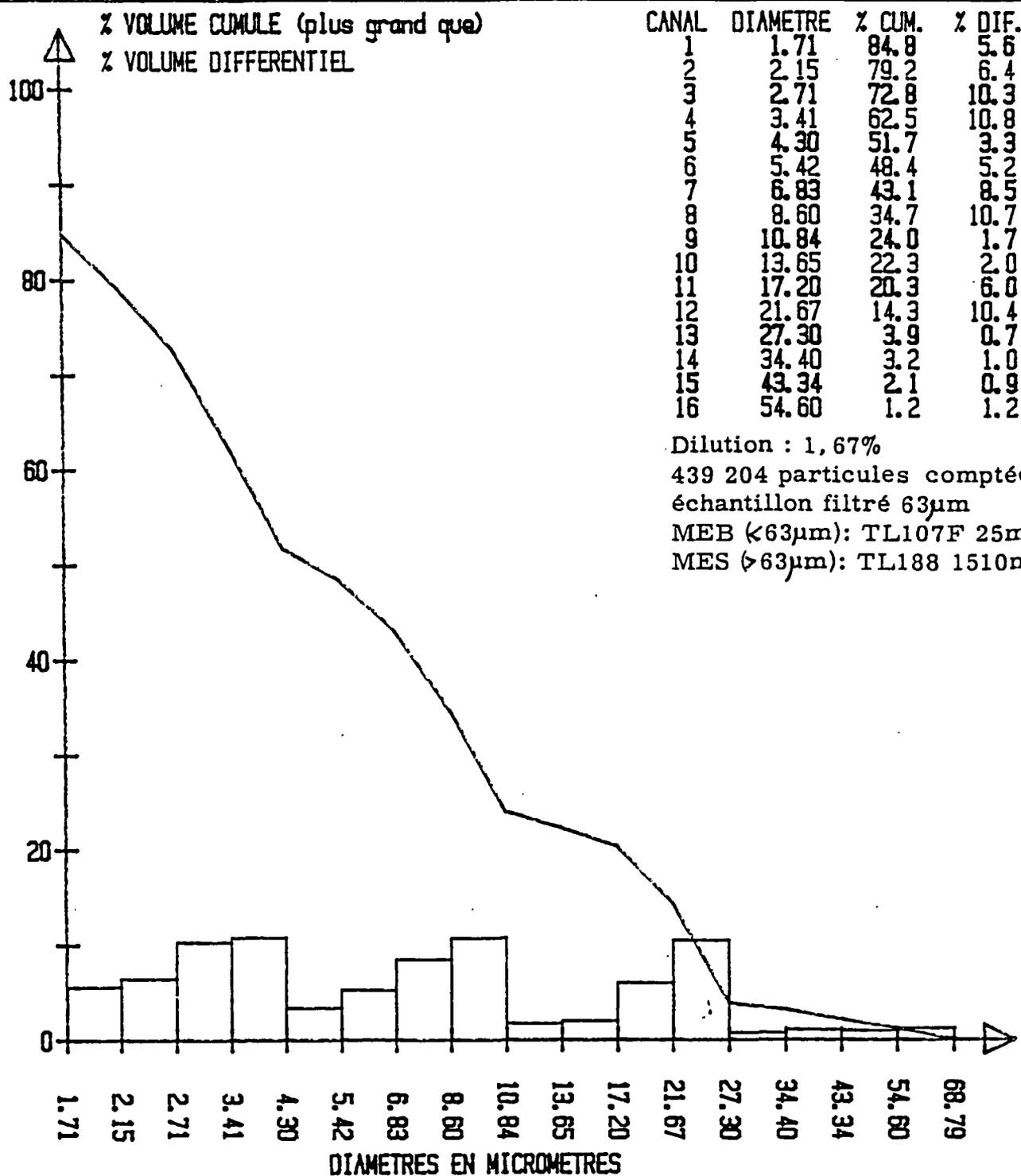
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 6.99 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 10.87 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 21.30HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT n138-TL1SURDILREC BRGM/TL15d

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 15.15 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

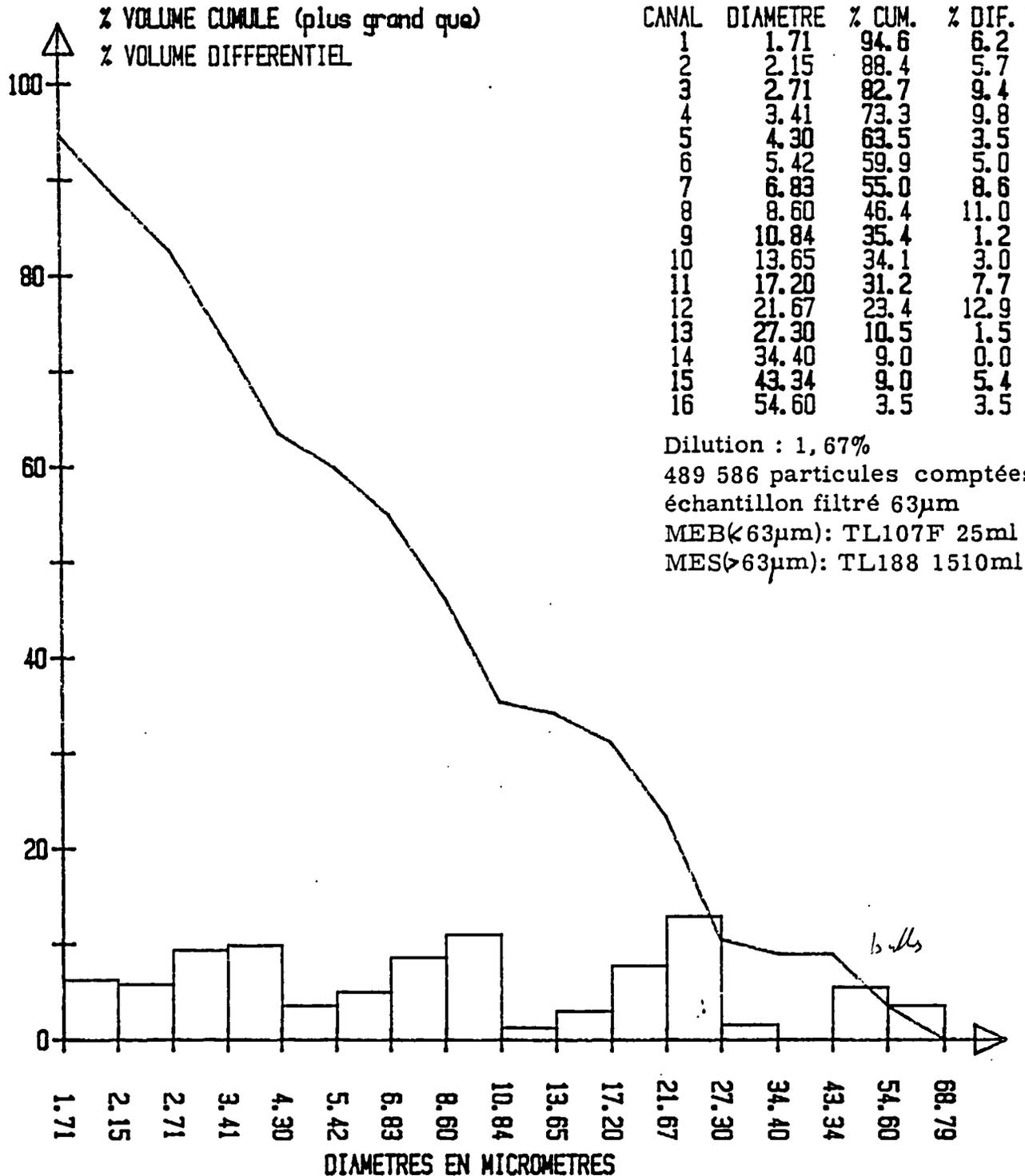
MODE : 24.49 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 8.40 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 14.51 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 21.45HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 LE PAVIER Am BETOIRE-2 BRGM/TL2

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 13.69 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

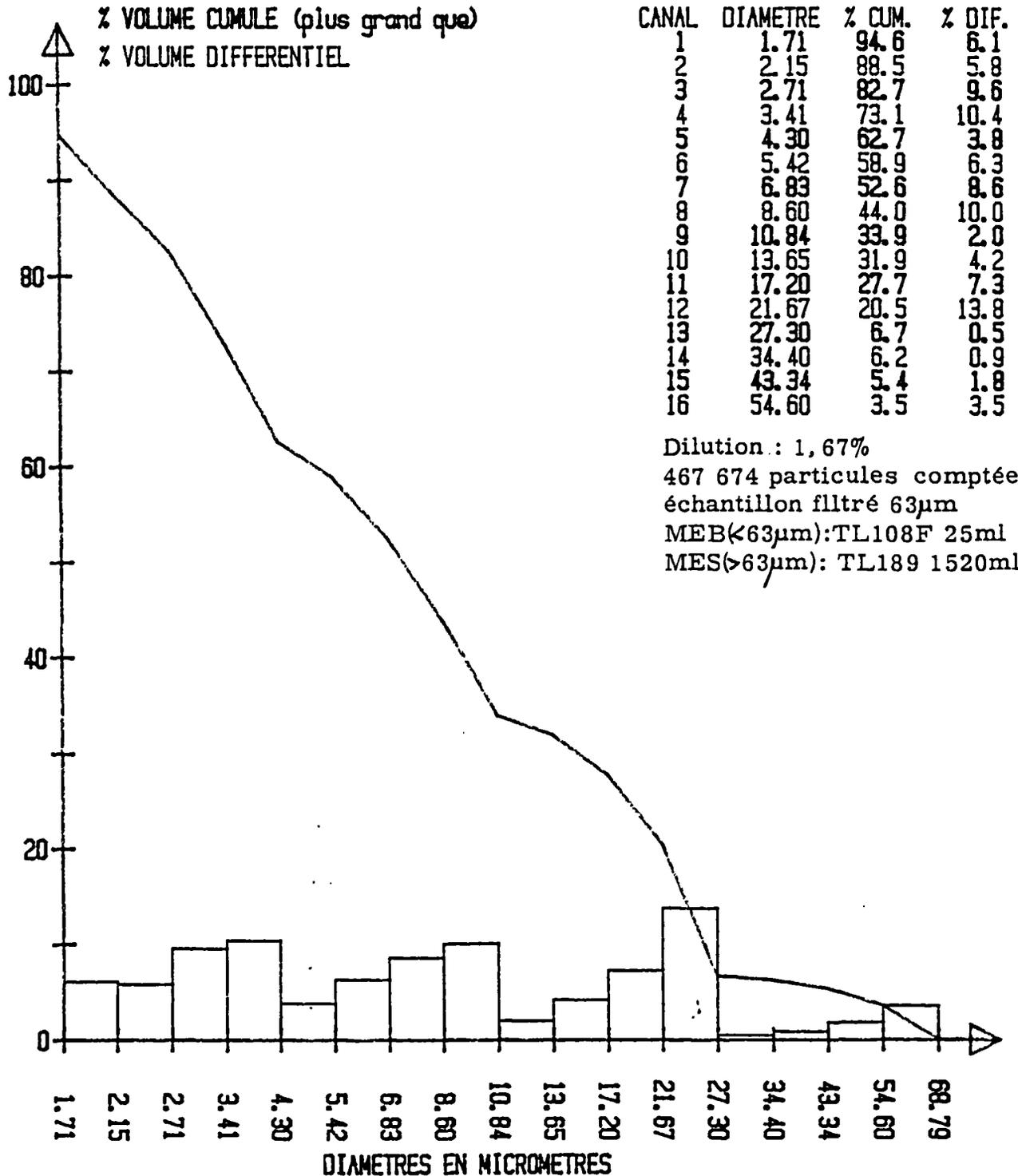
MODE : 24.49 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 7.91 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 13.10 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.15HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT ECAQUELON-TL3

BRGM/TL3

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 7.75 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

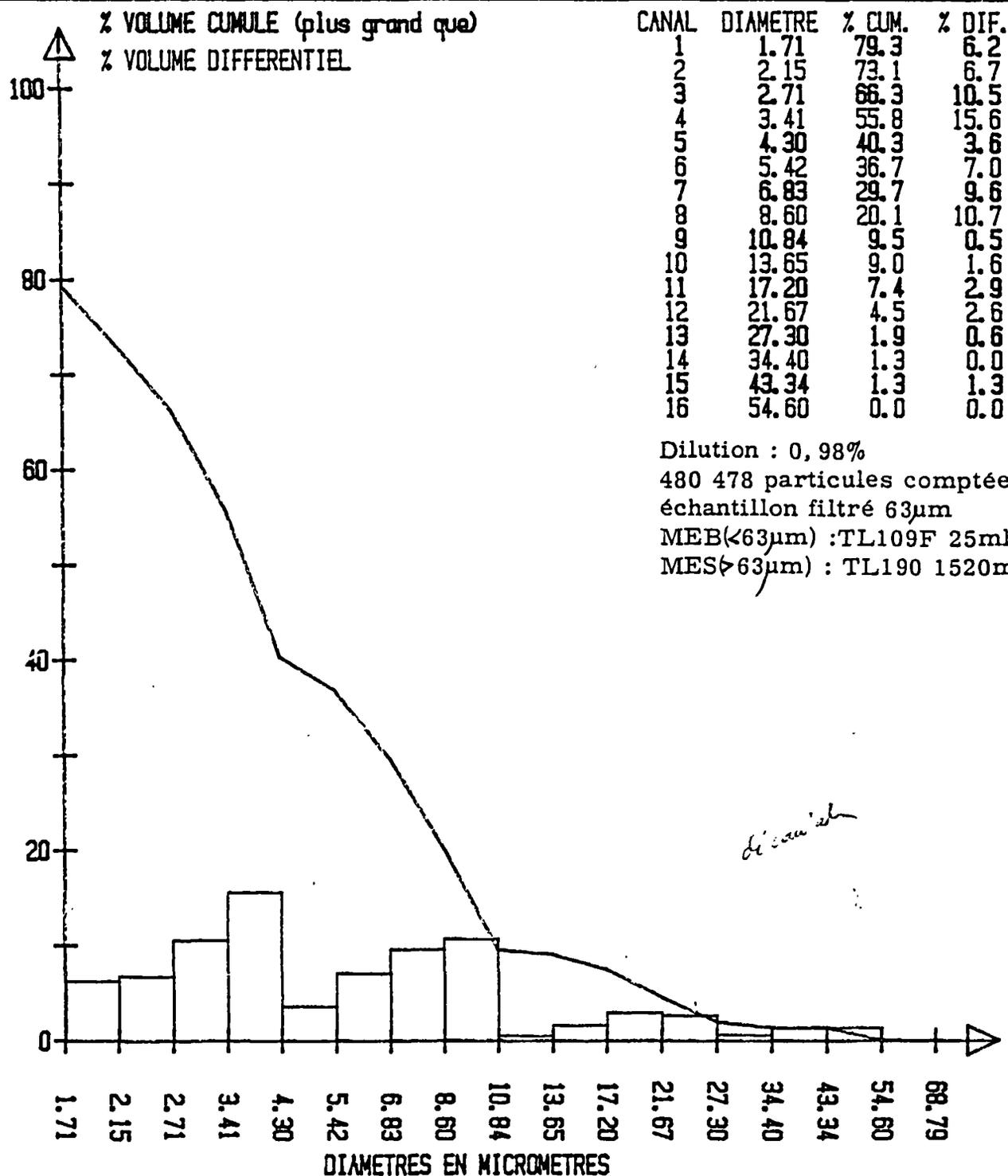
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 4.50 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 7.46 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.20HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT ECAQUELON-TL3REC BRGM/TL3R

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 11.09 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

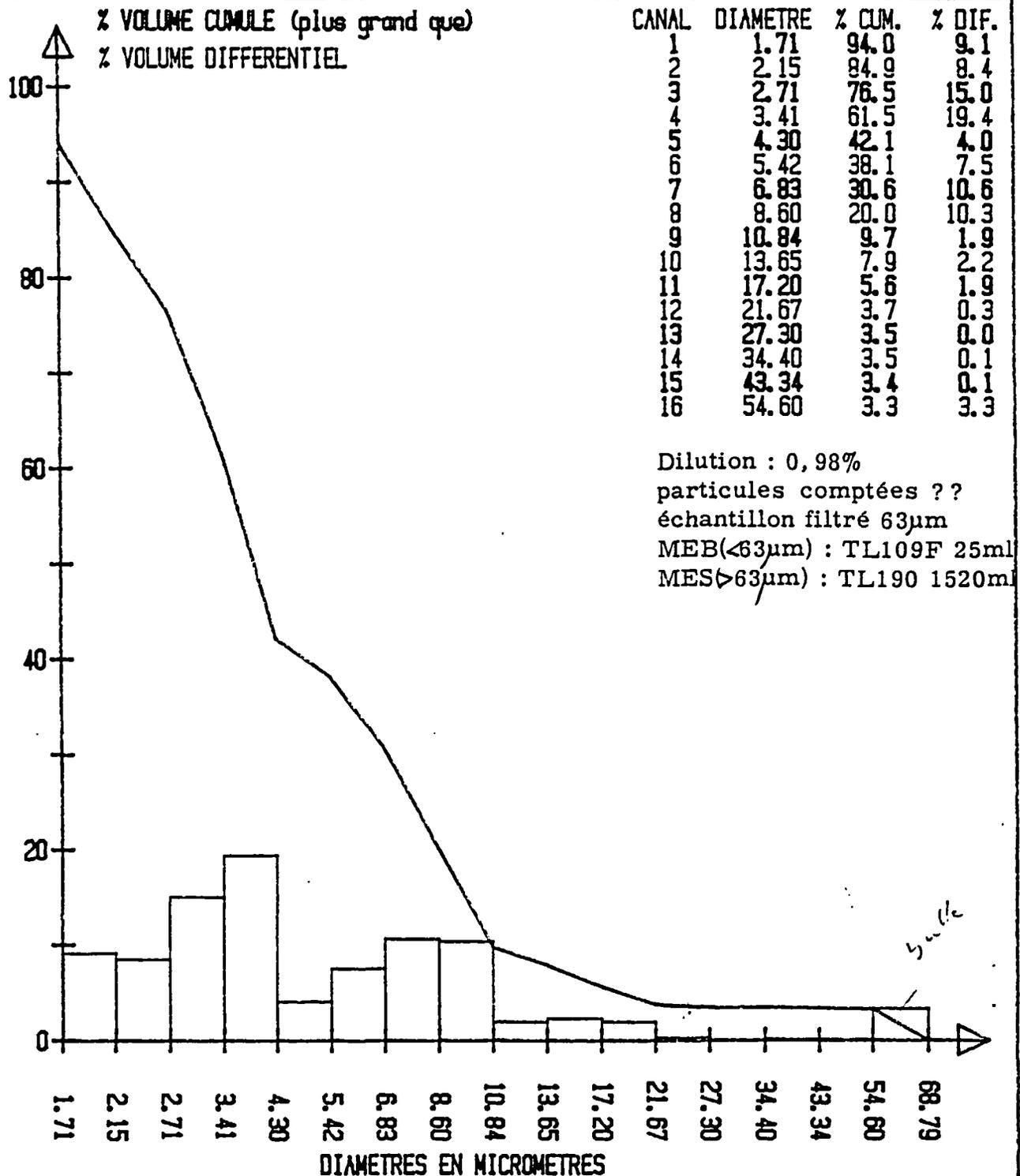
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 4.08 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 7.63 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.25HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 PONT ECAQUELON-TL3REC2 BRGM/TL3RR

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 11.35 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

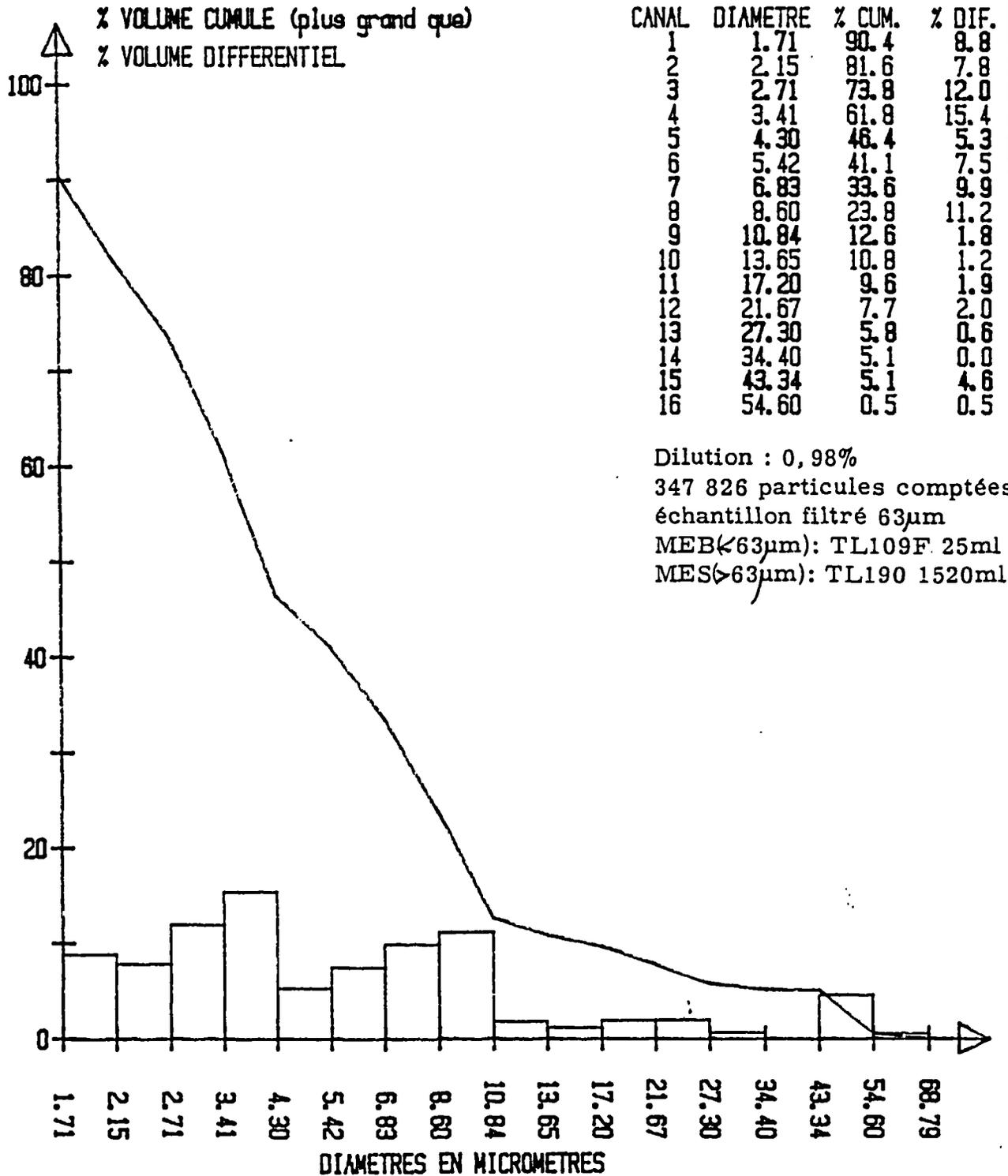
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 4.56 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 8.75 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.35HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 FOSSE Amont AEP-TL4 BRGM/TL4

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 18.51 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

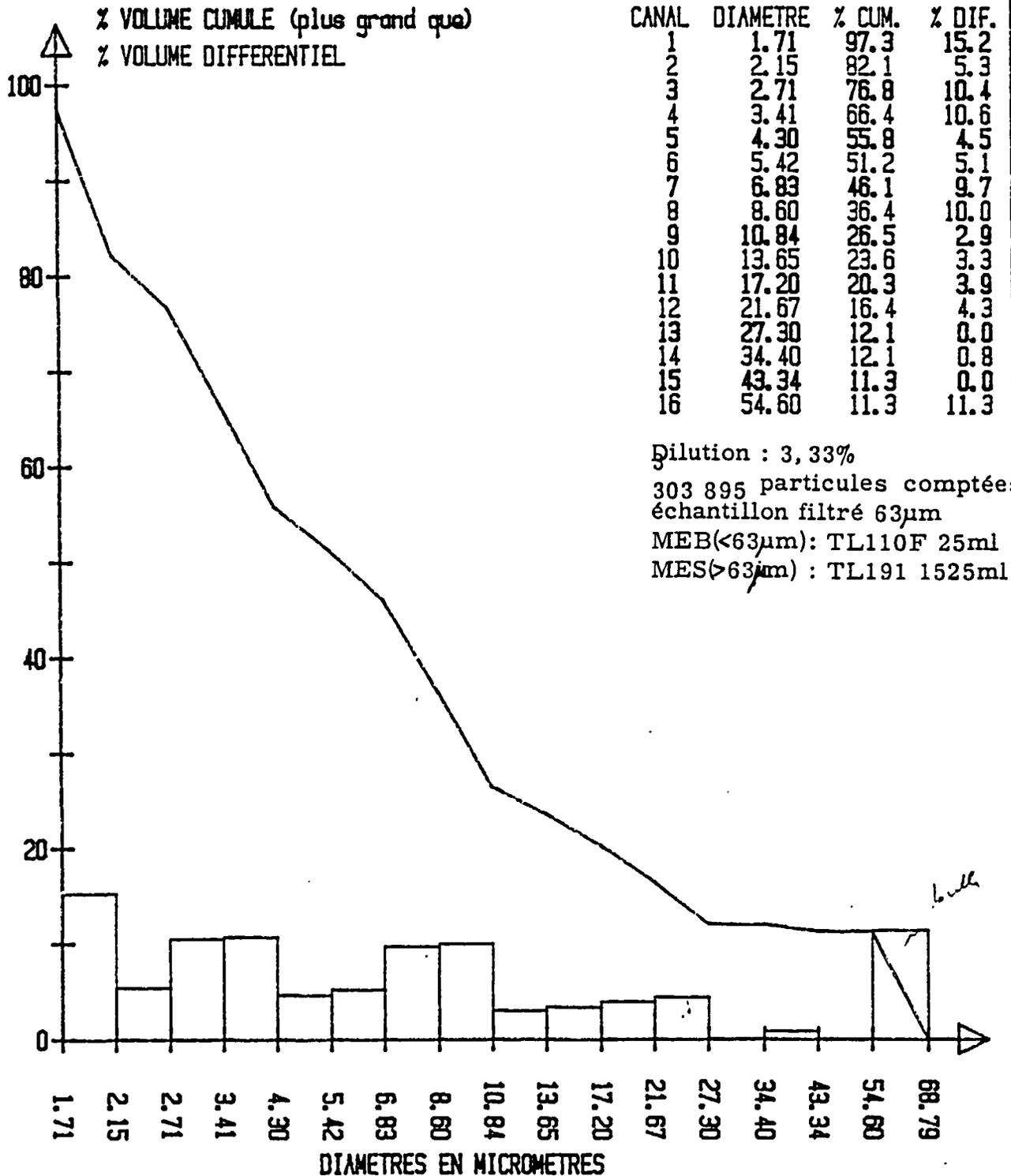
MODE : 1.93 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 6.12 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 13.72 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.40HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 FOSSE Amont AEP-TL4REC BRGM/TL4R

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 14.63 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

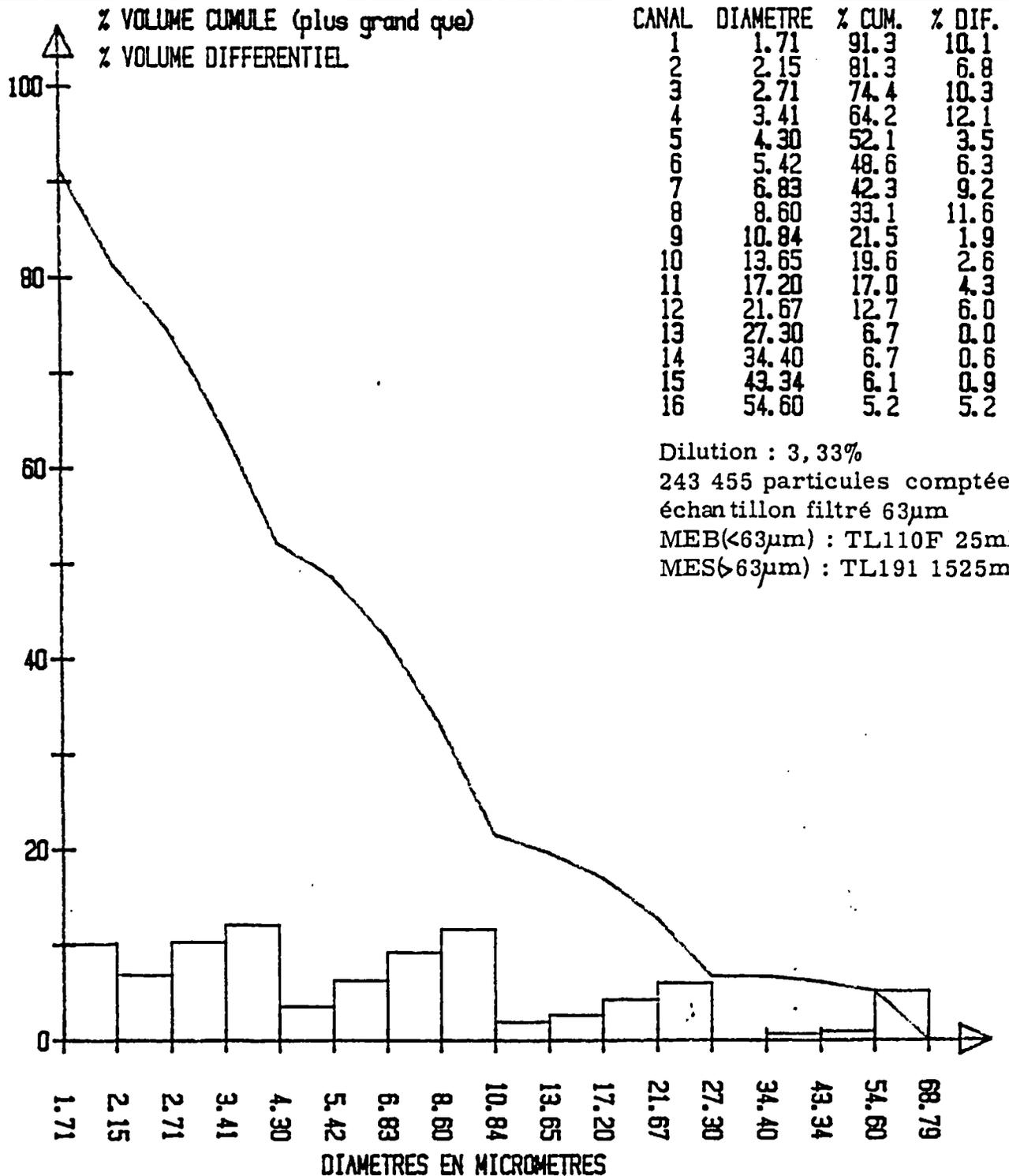
MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 6.07 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 11.33 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 22.45HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 FOSSE Amont AEP-TL4RC2 BRGM/TL4RR

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 14.17 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

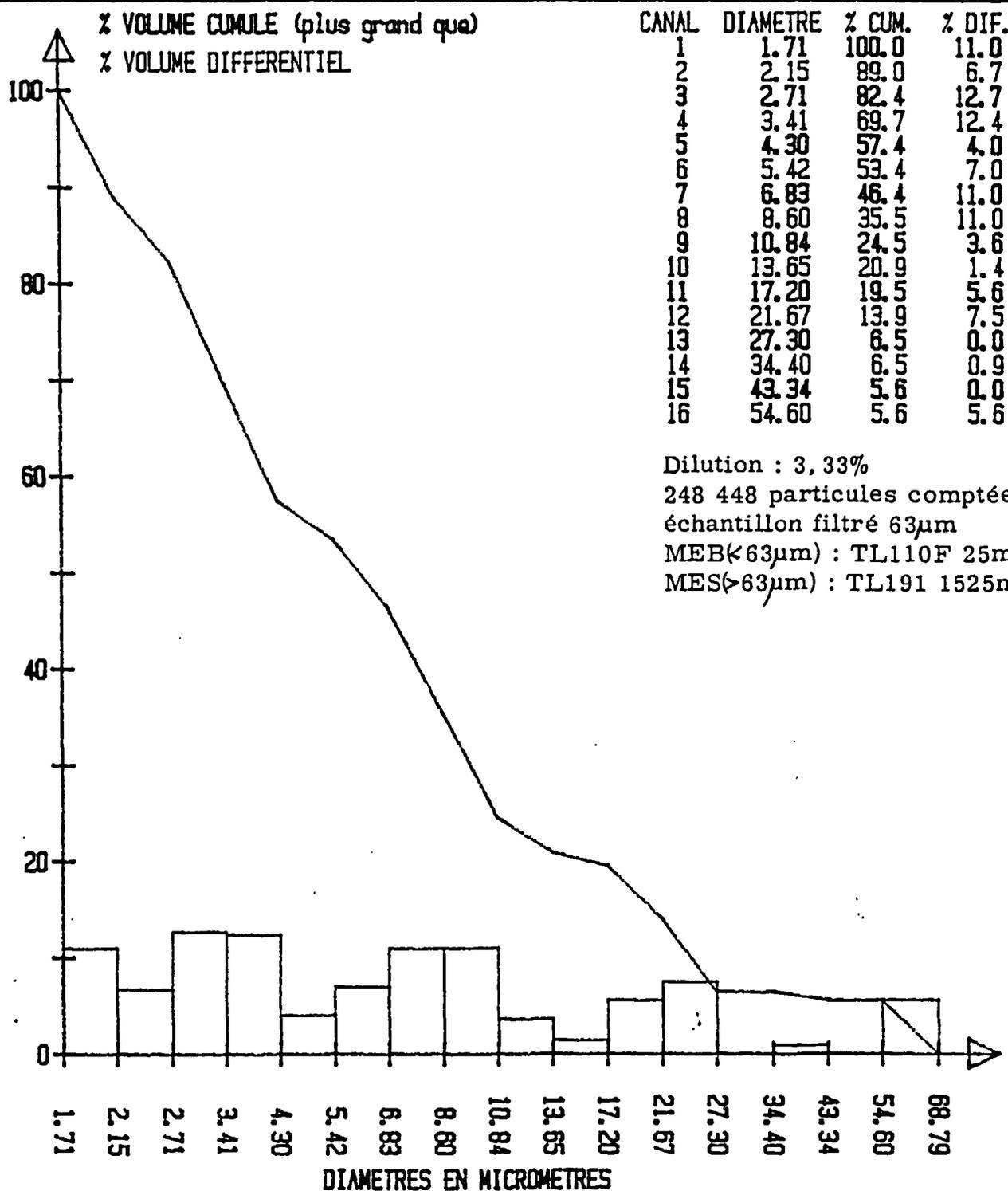
MODE : 3.06 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 6.10 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 11.12 micrometres



LABO GEOLOGIE ROUEN GRECO-MANCHE

25/03/88 23.30HL

ELECTROLYTE: EAU DE MER

T. LEBOULANGER

DISPERSANT : N

BRGM 25/3 FOSSE Amont AEP-TL4RD BRGM/TL4RD

ULTRA-SONS :

ECART TYPE : 11.75 micrometres

ORIFICE : 140 micrometres

MODE : 3.86 micrometres

ETALON : 8.6 micrometres

MEDIANE : 5.87 micrometres

CANAL : 8

DIAMETRE MOYEN: 9.71 micrometres

