

**METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS
DES AFFLUENTS VAUDOIS DU LEMAN
Campagne 1988**

PAR

HELENE HOWA, JEAN-PIERRE VERNET

INSTITUT F.A. FOREL, UNIVERSITE DE GENEVE, VERSOIX

RESUME

La campagne de 1988 totalise 124 échantillons prélevés sur onze rivières vaudoises de l'Aubonne à la Lutrive. Cette campagne répète celle de 1982.

La pollution au mercure dans toutes les rivières étudiées est toujours la plus importante, elle est même, comparée à 1982, en augmentation dans la plupart des cas.

La contamination des sédiments de la Venoge a beaucoup diminué à l'aval du rejet de la station d'incinération de Penthaz.

1. INTRODUCTION

En 1976, l'ensemble des affluents suisses du Léman ont été échantillonnés dans le but de déterminer leur degré de contamination par les métaux lourds et de localiser les sources de rejets (VERNET et DAVAUD, 1977).

Les années suivantes de 1977 à 1980, seules les rivières dont la pollution était inquiétante, ont été examinées, comme l'Aubonne, la Venoge ou la Chamberonne, en suivant des plans d'échantillonnage ciblés sur les zones à risque.

La campagne de 1982 s'est intéressée aux mêmes rivières qu'en 1976, avec une stratégie d'échantillonnage basée sur les résultats obtenus précédemment (VIEL et VERNET, 1983).

De 1983 à 1986, la surveillance de la contamination s'est concentrée sur la Venoge, particulièrement polluée, complétée en 1984 par une étude de la Chamberonne (RAPIN et VERNET, 1985) et en 1986 par une étude de la pollution des rivières sur le pourtour lémanique (FAVARGER et VERNET, 1987).

Il ressort de l'ensemble de ces études que la situation de la Venoge ne montrait aucune amélioration et les études consacrées aux sédiments du Léman notent que la zone au large de Lausanne, est particulièrement contaminée (ARBOUILLE et al., 1989).

La campagne de 1988 s'est donc attachée à contrôler les rivières entre l'Aubonne, à l'ouest, et la Lutrive, à l'est, en reprenant le plan d'échantillonnage de 1982. Elle s'est déroulée à la fin du mois de juillet, en période d'étiage.

2. ECHANTILLONNAGE

Les sites étudiés, répartis sur 11 rivières, sont au nombre de 124 et leur situation géographique est indiquée sur la figure 1.

Le prélèvement de ces 124 échantillons des rivières vaudoises et leur analyse en laboratoire ont été effectués de la même façon que pour les sédiments du Rhône (voir chapitre "Méthodes" dans FAVARGER et al., 1989). Ces mêmes méthodes étaient déjà appliquées en 1982.

Campagne 1988

Δ points de prélèvement

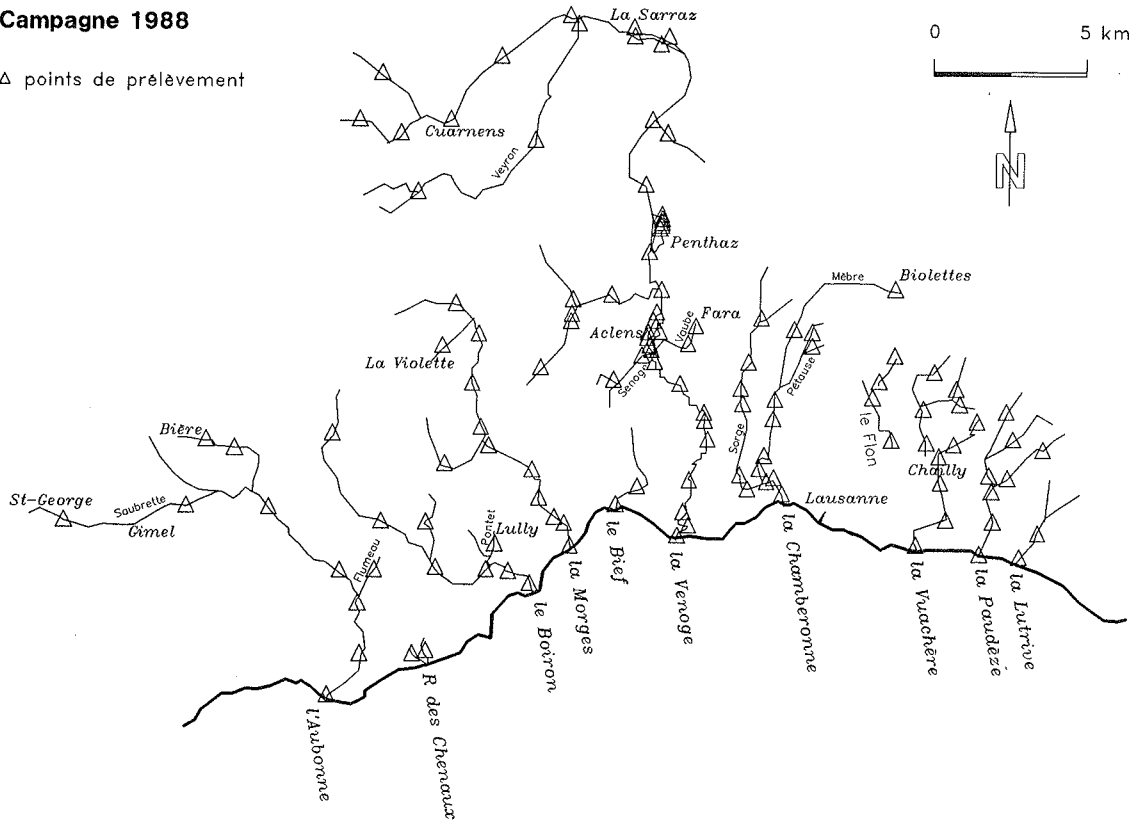


FIGURE 1 : LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT

3. RESULTATS

Les plans d'échantillonnage de 1982 et de 1988 étant similaires, nous avons comparé les taux de contamination et les teneurs moyennes en cadmium, mercure, plomb, cuivre, zinc et nickel, pour toutes les rivières étudiées cette année. Mais il faut noter qu'il existe des variations annuelles des teneurs dont nous ne pouvons pas tenir compte dans ces comparaisons car nous ne disposons que d'un seul prélèvement par an. En tenant compte de ces restrictions et des limites de confiance des méthodes utilisées, nous pouvons proposer une tendance générale de l'évolution et non une variation absolue. Les valeurs chiffrées des concentrations mesurées sont données à titre indicatif.

Le taux de contamination (C) pour un métal donné est défini comme suit :

$$C = \text{Teneur mesurée} / \text{Teneur naturelle de référence}$$

Les tableaux 1 et 2 donnent le détail de ces résultats.

Le tableau 3 expose l'évolution, depuis 1977, des taux moyens de contamination des trois principales rivières pour les mêmes métaux.

TABLEAU 1 - Comparaison des teneurs moyennes des principaux métaux lourds entre 1982 et 1988

Teneurs moy. en mg/kg Teneur nat. de réf.	Année	Cd 0.3	Hg 0.05	Pb 50	Cu 50	Zn 80	Ni 50
AUBONNE	1982 1988	0.48 0.64	0.22 0.17	55 64	130 103	160 212	36 42
BOIRON	1982 1988	0.33 0.54	0.08 0.11	35 58	115 158	224 198	54 55
MORGES	1982 1988	0.28 0.56	0.11 0.14	36 56	92 80	291 229	54 48
BIEF	1982 1988	0.97 1.12	0.24 0.12	110 54	148 149	493 327	57 68
VENOGE	1982 1988	2.87 1.15	0.33 0.36	128 71	116 95	437 287	57 57
CHAMBERONNE	1982 1988	0.87 1.00	0.18 0.24	110 98	115 112	184 362	58 51
LE FLON	1982 1988	0.84 0.57	0.14 0.17	109 104	69 61	307 240	60 55
VUACHERE	1982 1988	1.16 0.73	0.61 0.22	185 92	93 72	406 240	65 53
PAUDEZE	1982 1988	0.29 0.43	0.04 0.12	36 39	31 30	148 132	61 56
LUTRIVE	1982 1988	0.33 0.53	0.04 0.22	51 37	118 51	197 187	126 60

TABLEAU 2 - Comparaison des taux moyens de contamination des différentes rivières entre 1982 et 1988 (teneur mesurée/teneur naturelle de référence)

Taux de contamination		Cd	Hg	Pb	Cu	Zn	Ni
AUBONNE	1982 1988	1.6 2.1	4.3 3.4	1.1 1.3	2.6 2.1	2.0 2.6	0.7 0.8
BOIRON	1982 1988	1.1 1.8	1.6 2.3	0.7 1.2	2.3 3.2	2.8 2.5	1.1 1.1
MORGES	1982 1988	0.9 1.9	2.2 2.8	0.7 1.1	1.8 1.6	3.6 2.9	1.1 1.0
BIEF	1982 1988	3.2 3.7	4.8 2.4	2.2 1.1	3.0 3.0	6.2 4.1	1.1 1.4
VENOGE	1982 1988	9.6 3.8	6.6 7.2	2.6 1.4	2.3 1.9	5.5 3.6	1.1 1.1
CHAMBERONNE	1982 1988	2.9 3.3	3.5 4.7	2.2 2.0	2.3 2.2	2.3 4.5	1.2 1.0
LE FLON	1982 1988	2.8 1.9	2.7 3.5	2.2 2.1	1.4 1.2	3.8 3.0	1.2 1.1
VUACHERE	1982 1988	3.9 2.4	12.3 4.4	3.7 1.8	1.9 1.4	5.1 3.0	1.3 1.1
PAUDEZE	1982 1988	1.0 1.4	0.8 2.4	0.7 0.8	0.6 0.6	1.8 1.7	1.2 1.1
LUTRIVE	1982 1988	1.1 1.8	0.7 4.5	1.0 0.7	2.4 1.0	2.5 2.3	2.5 1.2

TABLEAU 3 - Evolution des taux de contamination des trois rivières principales depuis 1977 (teneur mesurée/teneur naturelle de référence)

AUBONNE			
	1977	1982	1988
Plomb	2.3	1.1	1.3
Mercure	4.9	4.3	3.4
Cuivre	2.3	2.6	2.1
Zinc	1.5	2.0	2.6
Cadmium	1.2	1.6	2.1
VENOGE			
	1977	1982	1988
Plomb	2.8	2.6	1.4
Mercure	4.0	6.7	7.2
Cuivre	4.1	2.3	1.9
Zinc	1.9	5.5	3.6
Cadmium	4.4	9.6	3.8
CHAMBERONNE			
	1977	1982	1988
Plomb	7.4	2.2	2.0
Mercure	5.7	3.5	4.7
Cuivre	4.1	2.3	2.2
Zinc	4.6	2.3	4.5
Cadmium	5.7	2.9	3.3

L'AUBONNE

- A l'aval de la station d'épuration de Saint-George, sur l'affluent la Saubrette, on note une forte contamination en zinc (484 ppm), par contre le rejet de la station de Gimel n'est plus identifiable.
- A l'aval de Bière, on constate encore un enrichissement en cadmium (0.85 ppm) et en zinc (326 ppm).
- Sur le Flumeau, un problème de contamination, déjà souligné les années précédentes, est toujours effectif avec des teneurs anormales en mercure (0.23 ppm) et cadmium (0.6 ppm).
- Sur le cours aval de l'Aubonne, on ne retrouve pas la contamination par le cuivre constatée en 1982, seule l'embouchure présente des teneurs un peu élevées (141 ppm).

Dans l'ensemble, le taux moyen de contamination de l'Aubonne est en baisse depuis 1977 surtout pour le mercure et le plomb, mais en hausse régulière pour le zinc et le cadmium (tableau 3).

LE RUISSEAU DES CHENAUX

Ce petit affluent du Léman montre des teneurs en cuivre anormales (297 ppm).

LE BOIRON

Le cours aval du Boiron présente un enrichissement en cuivre (160 ppm) et son petit affluent, le Pontet, un enrichissement en mercure (0.23 ppm) et en cadmium (0.95 ppm) à l'aval de Lully.

LA MORGES

A l'amont de la Morges, au niveau de la station d'épuration de la Violette, un seul point se distingue par de fortes teneurs en zinc (546 ppm) et en plomb (202 ppm).

En général, le cours de cette rivière présente toujours de faibles taux de contamination.

LE BIEF

Cet affluent ne se distingue que par une valeur anormale de cuivre à son embouchure (162 ppm), ailleurs il est faiblement contaminé par les métaux lourds.

LA VENOGÉ

La Venogé, par la longueur de son cours et la complexité de ses contaminations, peut être divisée en plusieurs secteurs.

a. Le cours principal

Les sédiments en amont de Penthaz ne présentent pas de contamination généralisée, mais deux points se distinguent l'un en aval de Cuarnens enrichi en arsenic, zinc, plomb, cuivre et cadmium, l'autre à l'aval de la station de La Sarraz, très contaminé en mercure (5.5 ppm), cadmium, zinc, cuivre, arsenic et étain.

La zone de Penthaz est échantillonnée en détail depuis 1982 (fig. 2) car les rejets de l'usine d'incinération d'ordures contaminaient très fortement cette zone. Cette usine a cessé son activité en juin 1988.

Il est donc intéressant de comparer les mesures effectuées avant l'arrêt de l'usine, en 1986, et celles effectuées en 1988. On note ainsi une très nette amélioration. Les teneurs les plus élevées se trouvent toujours au voisinage de l'usine d'incinération d'ordures mais elles sont beaucoup plus faibles qu'en 1986 (tableaux 4 et 5). Au point de rejet de l'usine, entre 1986 et 1988, les teneurs mesurées passent de 102 à 16 fois la teneur naturelle de référence pour le mercure, et de 180 à 10 fois la teneur naturelle de référence pour le cadmium.

Le taux de contamination moyen de la zone de Penthaz est donc en forte baisse.

Le canal d'Aclens est le siège d'une contamination polymétallique par le cadmium (2.8 ppm), mercure, cuivre, zinc, chrome et nickel. Alors que son état s'était amélioré en 1986, ce canal se présente de nouveau en 1988 comme un point de pollution de la Venogé.

Pour tous les points situés plus à l'aval d'Aclens, on note, comme en 1982, une diminution des teneurs dans les sédiments due à la dilution des sources polluantes. Cependant la pollution se répercute jusqu'à l'embouchure où les teneurs moyennes des principaux contaminants sont :

Zinc, 3 fois la teneur naturelle de référence
 Cadmium, 3 fois la teneur naturelle de référence
 Mercure, 4 fois la teneur naturelle de référence

Depuis 1984, il y a une amélioration très appréciable en ce qui concerne le cadmium qui avait alors une teneur 20 fois supérieure à la teneur naturelle de référence (tableau 5).

Depuis la zone de Penthaz jusqu'à l'embouchure, l'évolution générale de la moyenne des teneurs en métaux lourds et notamment en cadmium, mercure, plomb et zinc (tableaux 4 et 5), souligne la baisse importante de contamination depuis 1986.

Seule la moyenne des teneurs en mercure reste relativement stable malgré l'arrêt des rejets de l'usine de Penthaz. La pollution mercurielle constatée dans la zone aval de la Venogé est donc à imputer à d'autres sources qui peuvent être localisées à La Sarraz ou plus vraisemblablement au canal d'Aclens.

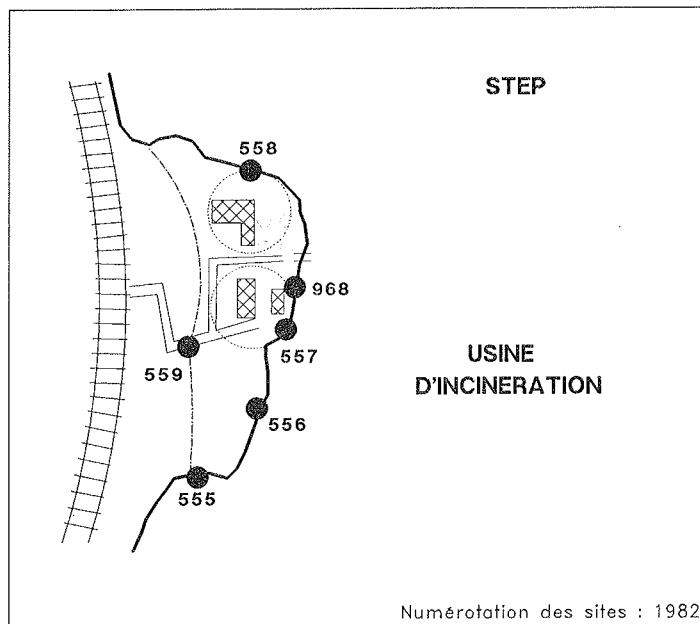


FIGURE 2 : SITUATION DES ECHANTILLONS AU VOISINAGE DE L'USINE D'INCINERATION DE PENTHAZ.

b. Les affluents de la Venoge

Sur le petit cours d'eau, le Vaube, proche du lieu dit Fara, est enregistrée une contamination par l'argent (81 ppm) et l'arsenic (62 ppm). On y relève aussi des teneurs élevées en cadmium (2.3 ppm), mercure, zinc et plomb qui se répercutent sur les sédiments du Vaube. Cette contamination est cependant en nette régression par rapport à 1982 où les teneurs en argent et cadmium atteignaient respectivement 142 et 16 ppm.

Les deux petites stations d'épuration installées sur la Senoge, expliquent les fortes teneurs en cadmium (1.2 ppm), zinc (517 ppm) et cuivre (163 ppm), observées sur son cours.

Les autres affluents de la Venoge, et notamment le Veyron, ne présentent aucune anomalie.

L'évolution, depuis 1977, des taux moyens de contamination de l'ensemble du bassin versant de la Venoge souligne un accroissement inquiétant des teneurs moyennes de mercure et de zinc, alors que les teneurs dans le cours principal restent stables.

LA CHAMBERONNE

En amont de la Mèbre, sur le ruisseau proche des Biolettes, un point de mesure révèle une anomalie dans les teneurs en cadmium (1.3 ppm), en zinc (630 ppm) et en cuivre (164 ppm).

La zone amont de la Pétause, affluent de la Mèbre, présente des teneurs élevées en plomb (130 ppm).

La Sorge dans son ensemble est contaminée par du zinc.

Dans le cours aval de la Sorge et de la Mèbre, et depuis leur confluence jusqu'à l'embouchure de la Chamberonne, on trouve une pollution polymétallique par du plomb, cuivre, zinc, mais surtout par du cadmium (3 ppm) et de l'argent (5.1 ppm). Ces valeurs sont plus faibles que celles mesurées en 1986.

Le taux moyen de contamination de la Chamberonne, quoique généralement plus faible qu'en 1977, est en hausse sensible par rapport à 1982.

LE FLON

Le Petit Flon présente une pollution en cadmium (1.12 ppm), zinc (350 ppm) et plomb (160 ppm) accentuée vers l'aval, et le Flon enregistre sur tout son cours un enrichissement en manganèse (1100 ppm).

LA VUACHERE

A la hauteur de Chailly, on remarque une contamination en cadmium, zinc et plomb dont les teneurs sont environ trois fois supérieures aux teneurs naturelles de référence.

A l'embouchure, une teneur anormale de mercure est relevée (0.5 ppm).

LA PAUDEZE ET LA LUTRIVE

Ces deux affluents lémaniques enregistrent des teneurs élevées en mercure (0.3 ppm) et en bore (50 ppm) difficiles à expliquer. Il n'y a pas d'autre contamination notable.

TABLEAU 4 - Evolution de la teneur en cadmium et en mercure des sédiments de la Venoge

CADMIUM (mg/kg)		1982 *	1983 **	1984 ***	1985 ****	1986 *****	1988 *****
Penthaz	558	0.9	0.6	0.8	0.6	0.9	0.8
	1001			1.0	1.9	0.7	
	1000		0.5	1.8	0.9	1.6	
	968	1.2	3.6	1.2	2.6	0.7	1.7
	557	80.7	5.4	50.7	56.6	54.2	2.9
	556	11.8	7.1	5.0	2.5	6.8	
Le Moulinet	555	1.9	1.0	1.4	1.4		1.3
Vufflens	553		4.2	1.5	1.3	3.6	2.3
Le Bochet, affluent	3		4.2	3.3	2.9		2.8
Moulin du Choc	2		2.3	1.3	0.7		1.6
L'Abbaye	1		2.1	1.4	1.8	1.9	0.7
La Chocolaterie	4			1.6	2.4		1.4
Renges	5			1.2	0.9	2.6	1.3
Le Sout	6			6.0	2.4	7.0	1.1
MERCURE (mg/kg)		1982 *	1983 **	1984 ***	1985 ****	1986 *****	1988 *****
Penthaz	558	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
	1001			0.5	0.7	0.2	
	1000		0.2	0.8	0.5	0.8	
	968	0.3	1.0	0.5	0.7	0.4	0.4
	557	12.1	3.6	11.2	10.2	5.1	0.8
	556	1.8	1.0	0.9	0.5	0.9	0.3
Le Moulinet	555	0.4	0.6	0.7	0.3		0.3
Vufflens	553		0.4	0.3	0.2	0.4	0.3
Le Bochet, affluent	3		0.4	0.3	0.3		0.5
Moulin du Choc	2		0.2	0.3	0.1		0.3
L'Abbaye	1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
La Chocolaterie	4			0.3	0.3		0.3
Renges	5			0.2	0.1	0.3	0.2
Le Sout	6			0.2	0.2	0.2	0.3

- * = moyenne 4 prélèvements sauf pour le point 968, 2 prélèvements
 ** = moyenne 2 prélèvements sauf pour le point 1000, 1 prélèvement
 *** = moyenne 4 prélèvements sauf pour les points 553, 1001, 3 prélèvements
 **** = moyenne 4 prélèvements sauf pour les points 2, 3, 4, 5 et 555, 3 prélèvements
 ***** = 1 prélèvement

TABLEAU 5 - Evolution de la teneur en plomb et en zinc des sédiments de la Venoge

, PLOMB (mg/kg)		1982	1983	1984	1985	1986	1988			
		*	**	***	****	*****	*****			
Penthaz	558	79	55	81	57	63	61			
	1001			114	198	63				
	1000			230	106	275				
	968	180	204	159	194	66	80			
	557	3443	217	1816	3354	1630	174			
	556	557	241	169	103	204	79			
	Le Moulinet	555	114	71	84	77		76		
	Vufflens	553		132	105	62	123	72		
	Le Bochet, affluent	3		134	130	109		123		
	Moulin du Choc	2		78	82	51		60		
	L'Abbaye	1		65	80	66	80	35		
La Chocolaterie	4			118	100		67			
Renges	5			80	66	119	72			
Le Sout	6			82	74	83	77			
ZINC (mg/kg)		1982	1983	1984	1985	1986	1988			
		*	**	***	****	*****	*****			
Penthaz	558	196	154	217	147	200	261			
	1001			264	400	210				
	1000			446	229	629				
	968			307	506	315		623	243	266
	557			10775	2215	3710		4992	4370	595
	556			1739	531	475		276	709	279
Le Moulinet	555	347	202	242	192		353			
Vufflens	553		400	278	173	396	283			
Le Bochet, affluent	3		598	412	347		526			
Moulin du Choc	2		265	244	118		255			
L'Abbaye	1		253	211	186	303	197			
La Chocolaterie	4			333	295		327			
Renges	5			217	175	368	289			
Le Sout	6			280	216	282	303			

* = moyenne 4 prélèvements sauf pour le point 968, 2 prélèvements
** = moyenne 2 prélèvements sauf pour le point 1000, 1 prélèvement
*** = moyenne 4 prélèvements sauf pour les points 553, 1001, 3 prélèvements
**** = moyenne 4 prélèvements sauf pour les points 2, 3, 4, 5 et 555, 3 prélèvements
***** = 1 prélèvement

4. CONCLUSIONS

La surveillance de la pollution des sédiments par les métaux lourds s'est effectuée, en 1988, sur les rivières vaudoises de l'Aubonne à la Lutrive.

Le mercure reste le polluant majeur dans toutes les rivières étudiées.

On constate entre 1977 et 1988 les tendances suivantes :

- la baisse de la pollution dans l'Aubonne sauf pour le zinc et le cadmium.
- une amélioration générale pour la Chamberonne quoique, depuis 1982, on assiste à une reprise de la contamination.
- une baisse générale des teneurs moyennes en métaux lourds pour la Venoge, sauf en ce qui concerne le mercure. En effet, il faut signaler la poursuite inquiétante de l'augmentation des taux de mercure. Soulagée par l'assainissement de la zone de Penthaz, cette rivière se voit de nouveau menacée par des rejets polluants comme ceux de La Sarraz et du canal d'Aclens.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBOUILLE, D., HOWA, H., SPAN, D. et VERNET, J.-P., (1989) : Etude générale de la pollution dans les sédiments du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., (Campagne 1988).
- FAVARGER, P.-Y. et VERNET, J.-P., (1987) : Métaux lourds dans les sédiments des rivières du bassin suisse du Rhône. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., (Campagne 1986), 135-147.
- FAVARGER, P.Y. et VERNET, J.P. (1989) : Métaux lourds dans les sédiments du Rhône en amont du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1988.
- RAPIN, F. et VERNET, J.-P., (1985) : Métaux lourds dans les sédiments des affluents du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut. (Campagne 1984), 161-182.
- VERNET, J.-P. et DAVAUD, E., (1977) : Recherche des métaux lourds dans les sédiments des affluents du Léman et leur réseau hydrographique. Part Aa1 : Les affluents du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., (Campagne 1976), 254-270.
- VIEL, M. et VERNET, J.-P., (1983) : Contamination par les métaux lourds des sédiments des affluents suisses du Léman et des rivières du canton de Genève. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., (Campagne 1982), 111-133.