

EXAMENS BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DU LEMAN

par

Roger REVACLIER

Service d'Hydrobiologie
du Canton de Genève

1. LES GERMES TOTAUX

La numérotation des germes totaux - bactéries mésophiles aérobies - après culture en gélose nutritive à 20°C pendant 10 jours, est effectuée en chaque station. Leur nombre est exprimé en germes par ml d'eau et non par litre, afin d'éviter de trop longs chiffres ou l'expression en puissance de 10.

En 1977, 837 échantillons ont été analysés.

- 1.1. Les concentrations en germes totaux de chaque station importante (7 à 12 niveaux de prélèvements) ont été distribuées en trois tranches de concentrations croissantes choisies empiriquement : 0-400 germes/ml, 401-1000 et supérieures à 1000 (tableau 1). Cette façon de faire est utilisée pour faciliter et affiner les comparaisons entre stations et entre années. Un classement plus serré (de 100 en 100 par exemple) serait évidemment préférable, mais beaucoup plus fastidieux ; l'emploi de l'ordinateur permettra sans doute de franchir cet écueil. Les moyennes annuelles ne reflètent, en effet, pas toujours la situation réelle d'un point de prélèvement : le nombre de germes peut se répartir entre 10 et plus de 50'000, de telle sorte qu'un ou deux échantillons très riches pour une raison qui peut tenir aussi bien à la réalité objective qu'à un accident de manipulation, peut biaiser une moyenne portant sur quelque 80 prélèvements. Exemple : en 1977 au point VS 4, un échantillon de 45'000 germes/ml pour 83 autres contenant en moyenne 892 germes/ml, conduit à une moyenne générale de 1'417 germes/ml.
- 1.2. Dans le Grand Lac 52.1 % des 645 échantillons prélevés contenaient moins de 400 germes/ml (48.2 % en 1976) et 24.2 % dépassaient 1'000 germes/ml. Les stations où la fréquence des échantillons de concentration supérieure à 1'000 fut la plus importante sont : SHL 2 - Centre lac 36.1 %, VD 2 - Vevey 28.6 % et SHL 6 - Evian 29.8 %. SHL 2 - point objectif représentatif de la plus grande part du lac, le seul où les prélèvements vont de la surface à 300 m de fond - est l'unique station où cette fréquence s'est accrue en 1977, retrouvant le niveau des années 1971 à 1974. La concentration moyenne en germes est, en général, en augmentation dans le Grand Lac sauf à VS 4 et VD 2, sans toutefois atteindre les valeurs maximums des années précédentes : les moyennes 1977 se situent presque toutes entre celles des années 1974 et 1975 (voir tableau 2)
- 1.3. Dans le Petit Lac 13.5 % des 192 échantillons prélevés contenaient moins de 400 germes/ml contre 54.7 % en 1976 ; cette diminution est plus importante à GE 4 (7.3 % contre 50 % en 1976) qu'à GE 3 (19.8 % contre 59.4 % en 1976). Ici la concentration moyenne en germes a augmenté de façon significative et il faut remonter à l'année 1970 pour retrouver des valeurs voisines (env. 2'000 germes/ml). Relevons encore que la concentration moyenne de la Rade de Genève (GE 1) (12 prélèvements) avec 3'088 germes/ml n'a jamais été aussi forte depuis 1960 !

2. GERMES D'ORIGINE FECALE

2.1. Les coliformes

Rappelons que le terme de " coliformes " (abrégé en " coli ") regroupe de façon empirique un ensemble de bactéries appartenant à la famille des Entérobactériacées et fermentant le lactose avec gaz en moins de 48 heures ; L'espèce type est Escherichia coli, coliforme d'habitat fécal exclusif (Goeffray & Vial 1975).

Le dénombrement des coliformes se fait après filtration sur membrane bactériologique et culture sur milieu d'Endo ; les résultats sont exprimés en coliformes/l, l'expression par ml conduirait à des nombres fractionnaires.

Cette recherche a été effectuée en chaque station et à tous les niveaux de prélèvements. En 1977, 843 échantillons ont été analysés.

2.1.1. En moyenne annuelle, le nombre de coli/l a diminué en toutes stations par rapport à 1976 ; la diminution la plus importante se situe au point VS 4 - Le Bouveret avec six fois moins de coliformes - (777 coli/l contre 4'834 en 1976). La moyenne la plus élevée se trouve à VD 2 Vevey : 2'066 coli/l et une moyenne de plus de 4'000 de janvier à mars. Les stations VD 4, VD 5, SHL 1, SHL 6 et GE 3 n'ont pas enregistré d'aussi faibles moyennes depuis 1970 (voir tableau 3).

2.1.2. Comme dans le cas des germes totaux, les concentrations en coli pour chaque station importante ont été distribuées en trois classes de concentration croissante : 0-200 coli/l, 201-1'000 et supérieure à 1'000. Cette façon de procéder a déjà été discutée au paragraphe 1.1. de ce rapport (voir tableau 3).

La fréquence des échantillons de concentration en coli inférieure à 200/l a augmenté dans l'ensemble des stations ; cette amélioration est plus marquée pour les points du Petit Lac : 76 % des prélèvements contenaient moins de 200 coli/l contre 47 % en 1976. Le pourcentage des échantillons dépassant 1'000 coli/l est resté inférieur ou égal à 15 % en toutes stations, sauf à VD 2 où il atteint 47 % (69 % en 1976).

Au point objectif SHL 2, Centre du lac, malgré un gain par rapport à l'année précédente, la fréquence des concentrations de 0-200 coli/l - 72.2 % - reste inférieure à la fréquence de 1975 : 83.3 %.

2.1.3. Il est intéressant de remarquer que pour la tranche d'eau comprise entre la surface et 50 m, la richesse en coliformes du Grand Lac paraît plus importante que celle du Petit Lac, en moyenne annuelle (540 et 311 coli/l) et en fréquence des concentrations supérieures à 200 coli/l (38 et 24 %). Mais cette tranche ne représente qu'environ le 30 % du volume lacustre total. La couche d'eau qui va de 100 à 300 m dans le Grand Lac paraît par contre beaucoup moins souillée : 136 coli/l à SHL 2. C'est ce que montre le tableau ci-dessous.

	tranche d'eau (m)	% des concentrations > 200 coli/l	moyenne annuelle	
			1977	1976
SHL 2	0- 50	40.5	377	476
	100-300	10.0	136	343
	0-300	27.8	205*	376*
Grand Lac	0- 50	38.5	540	1420
	0-300	35.9	325*	745*
Petit Lac	0- 50	35.0	311	625

* moyenne pondérée.

Il faut noter que cette concentration repose sur les prélèvements du seul point profond examiné : SHL 2. En cette station la concentration en coli décroît de façon assez régulière de la surface à 300 m de fond - la zone la plus riche se situe entre 10 et 40 m - Un tel gradient fut particulièrement net en 1977 (voir figure 1)

2.2. Les entérocoques

Les streptocoques fécaux du groupe D de la classification sérologique de Lancefield, dénommés couramment " entérocoques ", bactéries d'origine fécale, ont été recherchés, comme le prévoit le plan quinquennal actuel, aux seuls points dits objectifs : VD 4, SHL 2 et GE 4, en surface à GE 1 et à 40 m aux pompages VDP 1 et GEP 1. Le tableau ci-dessous permet de comparer la fréquence (%) des échantillons de 100 ml positifs en chacun des points depuis 1973.

Stations	1973	1974	1975	1976	1977
VD 4	93.5	93.5	88.3	89.3	72.6
SHL 2	31.9	38.9	39.6	47.7	38.9
GE 4	39.6	25.0	42.1	40.6	33.3

A la station VD 4, avec 72.6 % la fréquence d'apparition des entérocoques est la plus faible enregistrée ces cinq dernières années.

Concentrations moyennes en entérocoques par litre

Stations	1973	1974	1975	1976	1977
VD 4	271	726	1371	996	448
SHL 2	13	12	12	26	23
GE 4	13	9	13	19	36

La station VD 4 - Vidy - est de loin le point le plus riche en entérocoques des six étudiées (voir tableau 4) : 448 entéro/l en moyenne avec un maximum de 2'993 au mois de février.

La concentration annuelle moyenne a augmenté au point GE 4 - Nyon -, mais la fréquence des échantillons positifs reste dans la moyenne des années précédentes - 37 % de 1972 à 1976, 33 % en 1977 -. Remarquons une fois de plus que ces germes typiques de pollution fécale sont trouvés jusqu'à 300 m de profondeur - 30 entéro/l en 1977 -.

2.3. Les clostridiiums sulfito-réducteurs

Sous cette dénomination sont confondues un certain nombre d'espèces bactériennes anaérobies sporulées sulfito-réductrices, dont le groupe est défini empiriquement par les manipulations expérimentales utilisées ; mais il semble que la technique actuellement utilisée dans l'étude du Léman conduit à une sélection qui favorise Clostridium perfringens avant tout (Buttiaux 1951 ; Geoffroy & Vial 1975), germe d'habitat fécal certes, mais aussi tellurique (Prévot 1967).

Spores de Clostridiiums sulfito-réducteurs : fréquence (%) des échantillons positifs (100 ml).

Stations	1973	1974	1975	1976	1977
VD 4	92.2	97.4	96.1	92.9	85.7
SHL 2	22.2	28.5	25.0	19.7	29.2
GE 4	21.6	41.7	17.4	26.0	39.6

La fréquence des spores de Clostridium sulfito-réducteurs dans 100 ml, bien qu'en diminution, reste importante à VD 4 et relativement stationnaire à SHL 2 et GE 4.

En valeur absolue, la station VD 4, comme pour les entérocoques, est la plus riche - 76 spores/l -. Les concentrations moyennes à SHL 2, GE 4 et surtout GE 1 ont quelque peu augmenté en 1977. (voir tableau 5)

2.4. Les bactériophages fécaux

Les bactériophages fécaux sont à classer parmi les indicateurs indiscutables de contamination fécale : bactériophages Coli 36 et Shigella paradysenteriae se trouvent en effet presque constamment dans les selles humaines et les fèces animales. Les deux phages de Salmonella (S. paratyphi B et S. typhi) sont spécifiques de ces bactéries bien connues de la pathologie infectieuse humaine. (voir tableau 6)

2.4.1. Bactériophage coli 36

Normalement le plus abondant, il n'échappe pas à cette règle dans le Léman ; sa fréquence est importante aux deux points VD.

2.4.2. Bactériophage Shigella paradysenteriae

Sa présence est nette à VD 4 et s'affirme à GE 4.

2.4.3. Bactériophage Salmonella paratyphi B

A nouveau présent en 1977, après une curieuse éclipse en 1976.

La fréquence de ce phage la plus élevée est enregistrée à VD 4 : 9.1 % des échantillons de 20 ml ont été trouvés positifs.

2.4.4. Bactériophage Salmonella typhi

Présent dans 5 échantillons sur 77 prélevés à VD 4 et dans 2 sur 96 à GE 4 ; absent ailleurs.

3. RESUME ET CONCLUSIONS

- 3.1. La surveillance bactériologique des eaux du Léman a été poursuivie en 1977 conformément au programme quinquennal en cours. 843 échantillons ont été prélevés et ont donné lieu à 3'678 analyses diverses. Les résultats de ces travaux sont brièvement commentés ci-après.
- 3.2. La flore bactérienne aérobie totale (germes totaux) du Léman en 1977 ne laisse apparaître rien de très exceptionnel, malgré une augmentation de sa richesse par rapport aux années 1975-1976 - moyenne annuelle : 1'374 germes/ml dans les eaux du Petit Lac - (736 en 1976), 1'113 germes/ml dans le Grand Lac (682 en 1976).
- Cette augmentation, amorcée en 1976, est toutefois plus remarquable dans le Petit Lac, puisqu'il faut remonter à 1970 pour retrouver une moyenne comparable.
- 3.3. La fréquence des échantillons de forte concentration en germes fécaux (coliformes) pour l'ensemble du lac a quelque peu diminué par rapport à l'année précédente ; elle est voisine de celle trouvée en 1975 : 10 % des échantillons contenaient plus de 1'000 coliformes/l en 1977, 23 % en 1976 et 11 % en 1975.
- Les stations proches des côtes et situées au large des agglomérations restent les plus souillées : VD2, VS4, VD4, SHL6 ; à ces stations la présence de germes tests de contamination fécale en nombre significatif est démontrée en tout temps et à tous les niveaux (plus de 2'000 coliformes en moyenne à VD 2 ; 448 entérocoques/l à VD 4 en moyenne annuelle, avec une poussée à 3'000 entérocoques/l en février).

- 3.4. La mise en évidence de bactériophages de Salmonella paratyphi B au point SHL 2 - Centre du lac - à 200 m de profondeur en juillet 1977, confirme la souillure du Léman et sa contamination directe jusqu'à de grandes profondeurs.

Ces quelques faits montrent que l'on observe dans le Léman une pollution fécale chronique, d'une intensité moyenne - par comparaison à d'autres eaux continentales très polluées - mais significative pour ce lac réputé dans le passé pour la pureté de ses eaux.

REFERENCES

- R. Buttiaux, 1951. Analyse bactériologique des eaux de consommation. Flammarion.
- Ch. Goeffray et J. Vial, 1975. L'analyse de l'eau. Jean Rodier t.2 pp 2-82.
- A.-R. Prévot, 1967. Bactériologie médicale - Dumas et al. p. 635.

Fig. 1. - Variation bathymétrique de la concentration en coliformes au point SHL 2 en 1977

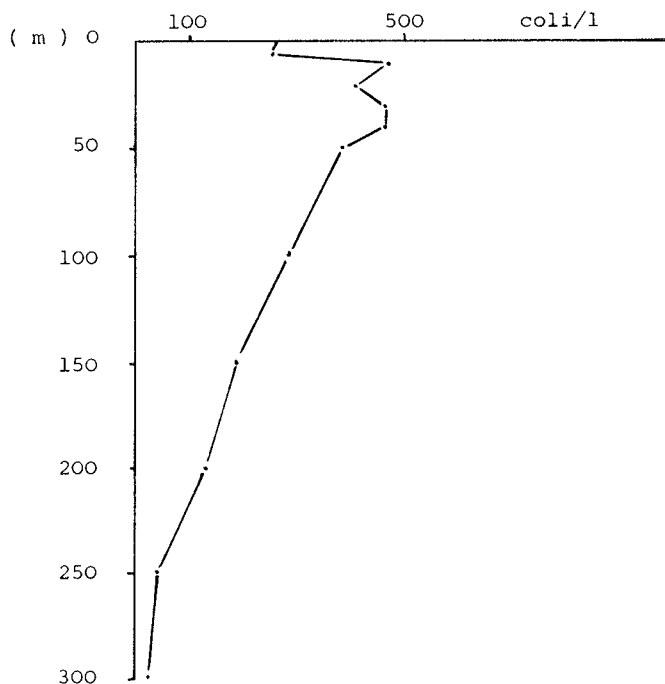


TABLEAU No 1 : LES GERMES TOTAUX

	Fréquence (%) de trois classes de concentration (germes/ml)		
	0-400	400-1000	> 1000
VS 4	81.8	5.2	13.0
VD 2	42.9	28.6	28.6
VD 4	75.6	10.3	14.1
VD 5	83.1	7.8	9.1
SHL 1	43.5	29.6	26.9
SHL 2	30.6	33.3	36.1
SHL 6	31.0	39.3	29.8
GE 3	19.8	34.4	45.8
GE 4	7.3	31.3	61.5
Grand Lac	52.1	23.7	24.2
Petit Lac	13.5	32.8	53.7
Léman	43.3	25.8	30.9

TABLEAU No 2 : GERMES TOTAUX : MOYENNES ANNUELLES ET MULTIANNUELLES NON PONDEREES DE 1973 A 1977 (germes/ml)

Stations	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne 1973-1977
VS 4	3330	1247	1071	1417	474	1508
VD 2	10808	3155	1657	1946	1300	3773
VD 4	4486	2592	1021	459	862	1884
VD 5	9385	1181	224	257	492	2308
VDP 1	1364	2768	162	60	654	1002
SHL 1	7475	3328	1322	1338	1725	3038
SHL 2	3860	1744	815	777	1495	1738
SHL 6	7044	4337	1634	1250	1484	3150
GE 1	1265	1220	526	867	3088	1393
GE 3	470	456	450	580	1188	629
GE 4	908	600	367	1154	1687	943
GEP 1	267	358	290	448	562	385
Grand Lac	6160	2529	1070	1025	1183	2393
Petit Lac	705	559	387	736	1374	752

TABLEAU No 3 : LES COLIFORMES

	Fréquence (%) de trois classes de concentration (coli/l)			Concentration moyenne*		Maximum 1977 coli/l
	0 200	200 1000	> 1000	1976 (coli/l)	1977	
VS 4	37.7	50.7	11.7	4834	777	5000
VD 2	9.1	44.2	46.8	3995	2066	10000
VD 4	84.5	13.1	2.4	92	100	1400
VD 5	97.4	2.6	0.0	34	18	500
SHL 1	79.6	19.5	0.9	440	202	1100
SHL 2	72.2	20.2	7.6	376	205	2800
SHL 6	53.6	33.3	13.1	816	570	4800
GE 3	80.2	17.7	2.1	684	177	1300
GE 4	71.9	12.5	15.6	599	447	4700
GE 1				992	708	2700
VDP 1				78	94	170
GEP 1				108	94	500
Grand Lac	64.1	26.0	9.9	745	325	
Petit Lac	76.0	15.1	8.9	625	311	
Léman	66.8	23.5	9.7	718	322	

* moyenne pondérée

TABLEAU No 4 : ENTEROCOQUES/LITRE

Stations	VD 4	VDP 1	SHL 2	GE 1	GE 4	GEP 1
Janvier	247	140	93	100	115	112
Février	2993	330	59	230	83	300
Mars	1301	30	9	0	0	6
Avril	13	30	12	0	0	16
Mai	256	30	1	0	1	20
Juin	7	0	10	0	0	6
Juillet	10	20	0	0	0	0
Août	103	0	0	0	1	2
Septembre	1	0	1	0	0	0
Octobre	39	10	0	140	0	0
Novembre	357	440	79	20	211	400
Décembre	50	90	10	50	24	360
Moyenne 1977	448	93	23	45	36	102
1976	996	163	26	38	19	83

TABLEAU No 5 : SPORES DE CLOSTRIDIUMS SULFITO-REDUCTEURS/LITRE

Stations	VD 4	VDP 1	SHL 2	GE 1	GE 4	GEP 1
Janvier	51	60	8	0	0	2
Février	434	80	3	10	0	2
Mars	21	20	11	0	10	8
Avril	21	30	2	40	10	6
Mai	130	90	16	40	0	10
Juin	31	10	3	0	30	6
Juillet	16	40	3	20	0	0
Août	53	20	17	0	0	0
Septembre	16	30	1	10	10	0
Octobre	49	0	2	10	0	0
Novembre	71	100	10	50	10	0
Décembre	13	0	3	0	0	20
Moyenne 1977	76	40	6	15	6	5
1976	142	57	3	3	3	5

TABLEAU No 6 : BACTERIOPHAGES FECAUX. POURCENTAGE DES ECHANTILLONS DE 20 ml POSITIFS

	Coli 36 moyennes annuelles		Shigella paradysenteriae moyennes annuelles	
	1976	1977	1976	1977
VD 4	44.6	51.9	VD 4	5.4 3.9
VDP 1*	12.5	54.6	VDP 1*	0 0
SHL 2	22.7	16.7	SHL 2	0 0.7
GE 4	14.6	14.6	GE 4	1.0 3.1
	Salmonella paratyphi B moyennes annuelles		Salmonella typhi moyennes annuelles	
	1976	1977	1976	1977
VD 4	0	9.1	VD 4	3.6 6.5
VDP 1*	0	0	VDP 1*	0 0
SHL 2	0	2.1	SHL 2	0 0
GE 4	0	6.3	GE 4	0 2.1

* 11 prélèvements