

## Micropolluants organiques dans les eaux souterraines et les eaux potables

Eva Molnar-Kubica et Walter Giger

De nouvelles méthodes de concentration et de détection des micropolluants organiques dans les échantillons d'eau ont été mises au point au cours des cinq dernières années. Grâce à ce progrès on peut maintenant examiner les composés organiques individuels aux niveaux de concentration qui sont présents dans les eaux relativement propres, telles que les eaux souterraines ou l'eau potable. Autrement dit, il est maintenant possible de mesurer  $10^{-6}$  à  $10^{-9}$  grammes de composés individuels par litre d'eau (1, 2). Grâce aux recherches effectuées dans plusieurs pays, on connaît maintenant une longue liste de produits chimiques organiques trouvés comme micropolluants dans l'eau d'approvisionnement public. Comme on sait ou soupçonne que certaines de ces substances sont des produits chimiques toxiques, divers projets de recherche s'occupent de déterminer la nature, l'extension et les sources de contamination par les produits chimiques organiques (3, 4, 5).

Les analyses des micropolluants organiques volatils dans l'eau potable du laboratoire de l'EAWAG à Dübendorf ont révélé la prédominance du tétrachloréthylène ( $C_2Cl_4$ , aussi perchloréthylène ou 1, 1, 2, 2-tétrachloréthylène). Ce solvant organique (température d'ébullition:  $121^\circ C$ ) est principalement utilisé pour le nettoyage à sec ou le dégraissage des métaux. La production annuelle mondiale dépasse  $5 \times 10^6$  tonnes et la consommation en Suisse se monte à environ 12 000 tonnes par an.

## Organic Trace Contaminants in Ground and Drinking Waters

Eva Molnar-Kubica and Walter Giger

New techniques for enrichment and detection of organic trace constituents in water samples have been introduced during the last five years. This progress has made it feasible to study individual organic constituents at concentration levels at which they are present in relatively clean waters like ground or drinking waters. In other words,  $10^{-6}$  to  $10^{-9}$  grams of individual compounds per liter water have become measurable (1,2). Investigations in several countries have provided a long list of organic chemicals which were found as trace constituents in public water supplies. Since some of these compounds are known or suspected toxic chemicals, research projects have been initiated to determine the nature, extent, and sources of contamination by organic chemicals (3, 4, 5). Analyses of the volatile organic trace constituents in the drinking water of the EAWAG laboratory at Dübendorf revealed the predominance of tetrachloroethylene ( $C_2Cl_4$ , also perchloroethylene or 1,1,2,2-tetrachloroethene). This organic solvent (boiling point:  $121^\circ C$ ) is primarily used in dry cleaning and metal degreasing. Its total annual world production exceeds  $5 \times 10^6$  tons and the consumption in Switzerland amounts to approximately 12,000 tons per year.

One of the goals of the study reported here was to find the source of this tetrachloroethylene contamination in the water supply of the town of Dübendorf. For this purpose a quantitative method was applied which is based on conventional solvent extraction and glass capillary gas chromatography (6).

Fig. 1  
Micropolluants organiques volatils dans l'eau souterraine de la station expérimentale de Tüffenwies.

- 1 1,1,1-trichloréthène
- 2 benzène
- 3 trichloréthylène
- 4 toluène
- 5 tétrachloréthylène (2,3 µg/l)
- 6 m-xylène
- 7 indane
- 8 n-nonanal
- 9 n-décanal
- 10  $\alpha, \alpha$ -di-méthylbenzyl-alcool
- 11 inconnu
- S références internes

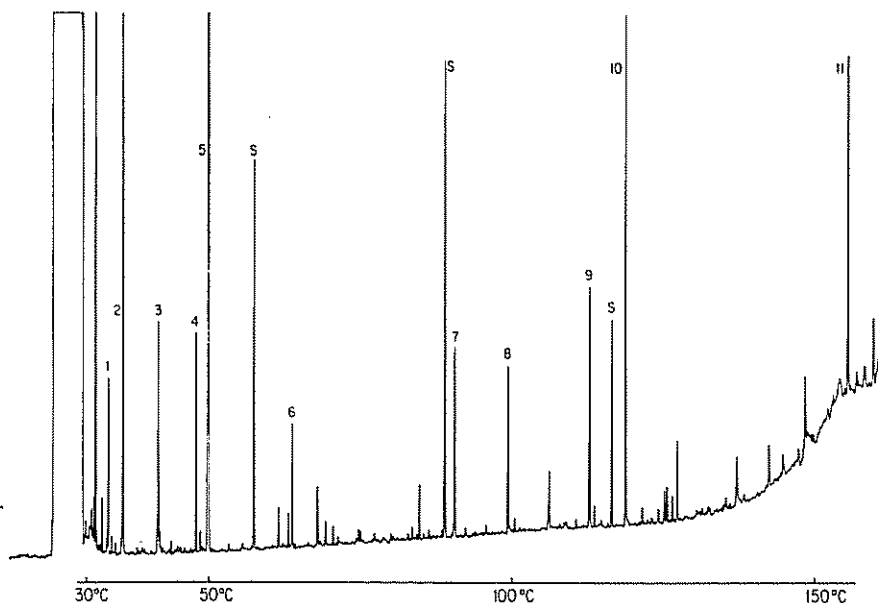


Fig. 1  
Volatile organic trace constituents of the ground water at the experimental station Tüffenwies.

- 1,1,1-trichloroethane 1
- benzene 2
- trichloroethylene 3
- toluene 4
- tetrachloroethylene 5 (2.3 µg/l)
- m-xylene 6
- indane 7
- n-nonanal 8
- n-decanal 9
- $\alpha, \alpha$ -dimethylbenzyl-alcohol 10
- unknown 11
- internal standards S

échantillon	nombre de déterminations	tétrachloréthylène µg/l (10 <sup>-6</sup> g/l)		Sample
		moyenne	min.-max.	
eau de robinet à l'EAWAG	15	28.3	7.4 – 82.5	Tap water, EAWAG
eau deux fois distillée	3	1.7	0.4 – 2.5	Doubly-distilled water
eau déionisée	2	4.2	3.5 – 4.9	Deionized water
eau traitée aux rayons ultraviolets	1	2.9	–	UV irradiated water
eau de robinet à l'endroit A	5	1.3	< 0.1 – 2.5	Tap water, location A
eau de robinet à l'endroit B	7	69.1	0.5 – 451	Tap water, location B
eau souterraine, puits C	6	763	473 – 954	Ground water, well C
	Number of determinations	average tetrachloroethylene µg/l (10 <sup>-6</sup> g/l)	min.-max.	

Un des objectifs de la présente étude était de trouver la source de cette contamination par le tétrachloréthylène de l'eau d'approvisionnement de Dübendorf. A cet effet, on utilisa une méthode quantitative basée sur une extraction conventionnelle par solvant et la chromatographie en phase gazeuse par colonne capillaire de verre (6).

Pendant une période de 12 jours, on détermina chaque jour les niveaux de tétrachloréthylène dans l'eau de robinet de l'EAWAG. De plus, les analyses de l'eau distillée deux fois, déionisée et traitée aux rayons ultraviolets (24 h, 254 nm) prouvèrent que ces trois traitements n'éliminent pas entièrement le tétrachloréthylène. Par contre, les analyses de l'eau de robinet d'un autre immeuble également situé à Dübendorf révélèrent une teneur en tétrachloréthylène bien inférieure à celle de l'eau potable de l'EAWAG (endroit A, tableau 1). Le tableau 1 récapitule les données.

Dans le but de dépister la source de cette contamination, nous avons recherché l'origine de l'eau distribuée par le service des eaux de Dübendorf. Voici ce que nous avons découvert: La moitié de l'eau fournie par le service des eaux de Zurich est de l'eau tirée du Lac de Zurich et traitée. Presque tout le reste est de l'eau tirée de trois puits d'eau souterraine à Dübendorf et aux alentours. Une petite partie provient de quelques sources. Nous avons alors analysé des échantillons de ces différentes eaux pour en déterminer la teneur en tétrachloréthylène. Les analyses révélèrent que seul le puits C d'eau souterraine était contaminé, à des niveaux variants entre 500 et 1000 µg/l (tableau 1). Le puits C est situé au centre de Dübendorf.

Les puits ne sont pas exploités de façon continue et l'eau est directement pompée dans le système de distribution. Ainsi, l'eau d'un robinet particulier se compose irrégulièrement d'eau de différentes provenances, suivant le moment et l'endroit. Tout près du puits contaminé et à un moment où la pompe travaillait, nous avons décelé une concentration maximum de 451 µg/l dans un échantillon d'eau de robinet (endroit B, tableau 1). Sur la base de ces résultats, le chimiste officiel du Canton de Zurich a interdit que l'on continue d'exploiter ce puits-là. Il convient de mentionner à ce sujet que cette contamination au tétrachloréthylène n'avait pas été décelée par les méthodes actuelles de contrôle de routine de l'eau potable (carbone organique total dissous ou demande chimique en oxygène).

Conséquemment à ces résultats, on examina le courant souterrain en amont du puits contaminé et l'on découvrit un endroit, situé à 300m environ du puits en question, où le tétrachloréthylène dépassait la limite de solubilité (150 mg/l à 25°C) et où il y avait une émulsion solvant/eau. On cherche maintenant à découvrir comment le solvant organique a pu parvenir dans la nappe aquifère. Il est intéressant de signaler que le centre de la contamination a été trouvé dans la cour d'une maison de nettoyage chimique.

During a period of 12 days the levels of tetrachloroethylene in the EAWAG tap water were determined on a daily basis. In addition, the analyses of doubly-distilled, deionized, and UV-irradiated (24 h, 254 nm) water showed that these three water purifications did not completely remove tetrachloroethylene. Tap water from another location at Dübendorf (location A, Table 1), however, contained much smaller amounts of tetrachloroethylene than the drinking water at EAWAG. Table 1 summarizes the data.

With the aim of locating the source of this contamination, we inquired about the origin of the water which is distributed by the water supply of Dübendorf. The following situation was discovered: Half of the water supplied by the Zürich Waterworks is treated water from Lake Zürich. Most of the remainder is drawn from three ground water wells in and near Dübendorf. A minor part is delivered by a few springs. Subsequently, water samples from all these sources were analyzed for tetrachloroethylene. The result was that only the ground water well C was contaminated, with levels ranging between 500 and 1000 µg/l (Table 1). Well C is located in the center of the town of Dübendorf. The wells are not continuously operated and the water is pumped directly into the distribution system. Thus, the water from a particular tap is composed irregularly of water of different origins, depending on time and location. Close to the contaminated well and at a time when the pump was working, we detected a maximum concentration of 451 µg/l in a tap water sample (location B, Table 1). Based on these results, the official chemist of the Canton of Zürich prohibited further use of the contaminated well. It is worthwhile mentioning that this tetrachloroethylene contamination was not detected by presently used methods for routine control of drinking water (i.e.: total dissolved organic carbon or chemical oxygen demand).

The aquifer upstream of the contaminated well was surveyed as a consequence of the results reported here. This led to the discovery of a location, about 300 meters from the polluted well, where tetrachloroethylene was found to exceed the solubility limit (150 mg/l at 25°C) and a solvent/water emulsion existed. How the organic solvent reached the aquifer is presently under investigation. Of particular interest is that the center of the contamination was found in the backyard of a dry-cleaning facility.

This case study shows that the widely used tetrachloroethylene is of particular concern as a potential pollutant of subsurface waters. This organic solvent is reasonably soluble in water, has a low tendency to adsorb on surfaces compared to pesticides and petroleum hydrocarbons, and is only very slowly biodegraded.

Thus, it is likely to be transported with the water flow and to be quite mobile as well as longlived in the ground water environment. Volatilization, the most effective mechanism for its removal from surface waters, proceeds at much lower rate in ground water.

Cette étude d'un cas particulier montre que le tétrachloréthylène d'usage si courant est un polluant potentiel des eaux souterraines. C'est un solvant organique qui est raisonnablement soluble dans l'eau, qui, par comparaison avec les pesticides et les hydrocarbures pétroliers, est faiblement adsorbable par des surfaces et est très lentement biodégradable. C'est pourquoi il est souvent entraîné par un courant d'eau et reste longtemps mobile dans le milieu constitué par une nappe phréatique. La volatilisation, qui est le mécanisme le plus efficace pour l'élimination dans des eaux de surface, est beaucoup plus lente dans les eaux souterraines.

Une étude subséquente de plus de quarante puits d'eau souterraine dans la région de Zurich montra que les eaux souterraines d'une zone industrialisée de Zurich ont aussi des teneurs élevées en tétrachloréthylène (jusqu'à 236 µg/l). Les puits qui sont considérés comme livrant principalement de l'eau filtrée par les berges de la Limmat contiennent également, selon les analyses effectuées, des niveaux assez importants de ce produit chimique (2,3 µg/l).

En outre, on analysa différentes eaux souterraines en vue de déterminer le mélange complet des micropolluants organiques volatils extraits par la méthode de circulation de gaz dans un circuit fermé (2). La figure 1 montre un chromatogramme en phase gazeuse typique résultant de ce procédé. En plus du tétrachloréthylène qui en général était le principal composé, on décela d'autres C<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>-hydrocarbures chlorés (1,1,1-trichloréthane, tétrachlorure de carbone et trichloréthylène), de même que du benzène, des benzènes alcylysés et des n-aldéhydes. Les analyses des eaux de la Glatt (7) révélèrent des teneurs analogues en micropolluants organiques.

Tous ces résultats montrent avec netteté que les eaux souterraines contiennent des traces de substances organiques volatiles. Quoique les niveaux soient trop bas pour constituer un danger immédiat en ce qui concerne la santé publique, il y a lieu de surveiller ces contaminants à l'avenir. Le contrôle de la qualité de l'eau, basé jusqu'à présent sur la détermination de quelques paramètres organiques collectifs, devrait être complété par des analyses effectuées en vue de déterminer les substances organiques individuelles. Il est impératif d'effectuer des mesures précises des concentrations des différentes substances, afin de pouvoir évaluer de façon suffisamment sûre les effets nocifs potentiels des composés organiques de l'eau.

### Etude comparative de procédés possibles d'élimination du phosphore dans le traitement des eaux usées

M. Boller et W. Gujer

La précipitation préalable et la précipitation simultanée sont les procédés le plus couramment utilisés en Suisse pour extraire le phosphore des eaux usées. Dans l'étude d'un cas particulier, on constata que le procédé de précipitation préalable non seulement élimine le phosphore, mais, de plus, réduit sensiblement la charge organique du procédé biologique (M. Boller, Die Vorfällung als Mittel zur Entlastung einer Grosskläranlage, Gas-Wasser-Abwasser, 56, 375-384, 1976). L'objectif de l'étude de combinaisons de procédés comprenant la précipitation préalable et la précipitation simultanée était d'obtenir des informations sur le rendement et le fonctionnement de chacun des procédés. Les essais furent mis en parallèle à la station pilote de l'EAWAG, ce qui permit de déterminer les avantages de chaque élément de traitement. Dans l'analyse des eaux usées et des boues, on prêta spécialement attention aux composants nutritifs, à savoir le phosphore et l'azote, ainsi qu'au carbone organique. De plus, on détermina les critères d'agencement pour un procédé conventionnel et un procédé nitrifiant de boues activées devant suivre la précipitation préalable.

A subsequent investigation of more than forty ground water wells in the Zürich area showed that subsurface waters in the industrialized zone of Zürich also contained elevated levels of tetrachloroethylene (up to 236 µg/l). Wells which are considered to be drawn predominantly from bank filtered water of the Limmat River also showed appreciable levels (2,3 µg/l). In addition, a series of ground waters were analyzed for the full range of volatile organic trace constituents by applying a closed-loop gaseous stripping technique (2). Fig. 1 shows a typical resulting gas chromatogram. Besides tetrachloroethylene, which normally was major constituent, other chlorinated C<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>-hydrocarbons (1,1,1-trichloroethane, carbon tetrachloride, and trichloroethylene) as well as benzene, alkylated benzenes, and n-aldehydes were detected. A very similar pattern of organic trace constituents has been detected in the Glatt River (7).

These results clearly show that ground waters contain volatile organic substances in trace concentrations. Although the levels are too low for an immediate health hazard, such contaminations should be surveyed in the future. Analyses for individual organic compounds should be used to extend the control of water quality, which is so far based on the determination of a number of collective organic parameters. Accurate measurements of concentrations of individual compounds are urgently needed to enable a reliable assessment of possible adverse effects caused by organic constituents of water.

### References

- (1) Keith, L.H., Ed., «Identification and Analysis of Organic Pollutants in Water», Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, 1976.
- (2) Grob, K. and Zürcher, F., J. Chromatogr., 117, 285 (1976).
- (3) U.S. Environmental Protection Agency, «Preliminary Assessment of Suspended Carcinogens in Drinking Water», Report to Congress, Washington, 1975.
- (4) Donaldson, W.E., Environ. Sci. Technol., 11, 349 (1977).
- (5) Giger, W., Reinhard, M., Schaffner, C. and Zürcher, F. in Ref. 1, p 433.
- (6) Giger, W. and Molnar-Kubica, Eva, Bull. Env. Cont. Toxicol. 1978, in press.
- (7) Zürcher, F. and Giger, W., Vom Wasser, 47, 37 (1976).

### Comparative Study of Alternative Phosphorus Removal Processes in Waste Water Treatment

M. Boller and W. Gujer

Preprecipitation and simultaneous precipitation are the most widely used processes for phosphorus removal from waste waters in Switzerland. In a case study the preprecipitation process showed, in addition to phosphorus removal, a marked reduction in the organic load of the biological treatment process (M. Boller, Die Vorfällung als Mittel zur Entlastung einer Grosskläranlage, Gas-Wasser-Abwasser, 56, 375-384, 1976). The objective of the investigation into process combinations including pre- and simultaneous precipitation at the EAWAG-pilot plant was to get information on the performance of each unit process. By running the experiments in parallel, it was possible to work out the advantages of each treatment facility. In the analysis of waste water and sludges special attention was given to the nutrient components phosphorus and nitrogen as well as organic carbon. In addition design criteria for a conventional and a nitrifying activated sludge process following preprecipitation were determined. Figure 2 shows a flow diagram for the pilot plant facilities. Waste water was pumped from the main trunk sewer of the City of Zürich and divided into two streams flowing into the

paramètres	eaux usées brutes mg/l	décanteur primaire conventionnel (élément A)		décanteur primaire avec préprécipitation au FeCl <sub>3</sub> (élément B)		
		effluent du décanteur primaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée (g/m <sup>3</sup> d'eaux usées)	effluent du décanteur primaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée (g/m <sup>3</sup> d'eaux usées)	
SST	203	100	101	73	160	TSS
COT	97	62	35	44	52	TOC
COD	35	30	–	26	–	DOC
DOC	310	208	112	136	168	COD
ATK	21.5	19.4	2.2	16.6	4.1	TKN
NH <sub>4</sub> -N	12.4	11.5	–	10.6	–	NH <sub>4</sub> -N
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N		2.1	–	2.2	–	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N
PT *	6.4	6.1	0.7	3.2	3.2	* TP
PS *	4.2	4.1	–	0.3	–	* SP
	Raw Waste Water mg/l	Primary Clarifier Effluent mg/l	Measured Specific Sludge Production (g/m <sup>3</sup> waste water)	Primary Clarifier Effluent mg/l	Measured Specific Sludge Production (g/m <sup>3</sup> waste water)	Parameters
		Conventional Primary Clarifier (Unit A)		Primary Clarifier with preprecipitation with FeCl <sub>3</sub> (Unit B)		

\*PT = phosphore total PS = phosphore soluble (0,45 µm filtrat d'un filtre à membrane)

\*TP = total Phosphorus SP = soluble Phosphorus (0.45 µm membrane filtrate)

SST substance solide totale  
COT carbone organique total  
COD carbone organique dissous  
DOC demande chimique en oxygène  
ATK azote total Kjeldahl

total solid substance TSS  
total organic carbon TOC  
dissolved organic carbon DOC  
chemical oxygen demand COD  
total Kjeldahl nitrogen TKN

La figure 2 est le schéma fonctionnel de circulation de l'installation pilote. Les eaux usées, pompées à partir du principal canal collecteur de la Ville de Zurich, furent divisées en deux courants se déversant dans les tanks de sédimentation primaire. Le tank A faisait office de bassin conventionnel de clarification primaire et le tank B servait comme séparateur pour les solides produits dans l'étape de précipitation préalable. La précipitation était effectuée par addition de 20 mg Fe (III)/l en moyenne aux eaux usées brutes. Les effluents des deux tanks de sédimentation primaire étaient de nouveau divisés en deux courants, ce qui permettait de travailler avec quatre lignes biologiques parallèles. Les deux lignes de boues activées, 1 et 2, qui suivaient le traitement mécanique conventionnel servaient à la précipitation simultanée (avec Fe (III) et Fe (II) comme précipitants en doses de 13,5 mg Fe/l), tandis que les lignes 3 et 4 ne recevaient pas d'additif chimique. L'âge des boues était de 5 jours pour les lignes de précipitation simultanée, afin de permettre une nitrification partielle; pour les lignes 3 et 4, elle était de 3 et 8 jours respectivement, la nitrification devant être nulle ou minime dans l'un et complète dans l'autre.

Le tableau 2 permet de comparer l'efficacité de l'étape primaire de clarification conventionnelle à celle de la clarification primaire avec préprécipitation. Le mode d'opération avec préprécipitation produisit une importante réduction des combinaisons organiques, l'efficacité de l'étape de préprécipitation, prise seule, étant cependant relativement faible en ce qui concerne l'élimination du phosphore. Il est toutefois intéressant de remarquer que le phosphore dissous était précipité dans une large mesure, de sorte qu'il quitta le procédé sous forme de particules faciles à incorporer dans les boues activées. Au total, l'effet d'élimination du phosphore par le procédé de précipitation préalable est bien meilleur que celui de la précipitation simultanée (tableau 3).

Après la préprécipitation, l'effluent secondaire contient moins de carbone organique dissous et moins de phosphore qu'après le traitement primaire conventionnel (tableau 3). De plus, l'effet de nitrification opéré par le procédé des boues activées est considérablement meilleur après la préprécipitation. L'évaluation des taux de croissance des bactéries qui

primary settling tanks. Tank A was operated as a conventional primary clarifier, and tank B served as a separation unit for the solids produced in the preprecipitation step. Preprecipitation was accomplished by the addition of an average of 20 mg Fe (III)/l to the raw waste water. The effluents from both primary settling tanks were again divided into two streams, giving the possibility of operating four biological units in parallel. Activated sludge units 1 and 2, which followed conventional mechanical treatment, were operated as simultaneous precipitation processes (using Fe (III) and Fe (II) as precipitants in dosing rates of 13,5 mg Fe/l), while units 3 and 4 had no chemical addition. The mean cell residence time (sludge age) was maintained at 5 days in the simultaneous precipitation process to allow partial nitrification, and maintained at 3 and 8 days in the units 3 and 4 respectively to have no or slight nitrification in one and to insure complete nitrification in the other.

In Table 2 the performance of the conventional and the preprecipitation primary treatment step can be compared. The preprecipitation operating mode resulted in a significant reduction of organic compounds, whereas the phosphorus removal efficiency in the preprecipitation step alone was relatively low. It is significant however, that the dissolved phosphorus was to a large extent precipitated and therefore left the process in a particulate form which is readily incorporated into the activated sludge. As a result the overall phosphorus removal in the preprecipitation process was significantly better than in the simultaneous precipitation process (see Table 3). The secondary effluent after preprecipitation contains less dissolved organic carbon and less phosphorus than after conventional primary treatment (Table 3). Besides that the nitrification performance of the activated sludge process is considerably better after preprecipitation. Estimated growth-rates for ammonia oxidizing bacteria indicate that the use of ferric iron seems to enhance the growth of these organisms, whereas the dosing of ferrous iron inhibits their growth (Table 4). The high degree of nitrification with a sludge age of only 3 days at 12°C after preprecipitation is in contrast with the somewhat reduced degree of nitrification with a sludge age of 5 days at 12°C when ferrous sulfate is used for simultaneous precipitation of phosphorus. An important disadvan-

paramètres	effluent du décanteur primaire mg/l	précipitation simultanée au FeCl <sub>3</sub> (élément 1)		précipitation simultanée au Fe SO <sub>4</sub> (élément 2)		effluent de la préprécipitation	procédé des boues activées (AB* = 3 jours) (élément 3)		procédé des boues activées (AB* = 8 jours) (élément 4)		parameters
		effluent du décanteur secondaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée, y compris TSS g/m <sup>3</sup>	effluent du décanteur secondaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée, y compris TSS g/m <sup>3</sup>		effluent du décanteur secondaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée g/m <sup>3</sup>	effluent du décanteur secondaire mg/l	production spécifique de boues, mesurée g/m <sup>3</sup>	
SST	100	13	145	16.3	153		14.3	78	12.7	83	TSS
SST après addition de 20 mg Fe III/l				-	-	73	-	-	-	-	TSS after addition of 20 mg Fe III/l
COT	62	11.6	35.5	12.4	37.6	44	10.3	19.5	9.3	20.3	TOC
COD	30	7.7	-	8.4	-	-	6.7	-	6.2	-	DOC
DOC	208	19.9	113	22.2	1.15	136	18.4	62	17.7	62	COD
ATK	19.4	2.8	5.9	4.2	6.3	16.6	4	3.5	1.7	3.6	TKN
NH <sub>4</sub> -N	11.5	0.5	-	2	-	10.6	1.8	-	0.3	-	NH <sub>4</sub> -N
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	2.1	10	-	8.7	-	2.2	7.6	-	11.9	-	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N
PT*	6.1	0.8	5.2	0.9	5.2	3.2	0.5	2.6	0.4	2.8	TP*
PS*	4.1	0.4	-	0.5		0.3	0.1	-	0.1	-	SP*
	Conv. Prim. Clarifier Effluent mg/l	Secondary Clarifier Effluent mg/l	Measured Specific Sludge Production including TSS g/m <sup>3</sup>	Secondary Clarifier Effluent mg/l	Measured Specific Sludge Production including TSS g/m <sup>3</sup>	Precip. Effluent mg/l	Secondary Clarifier Effluent mg/l	Measured Specific Sludge Production g/m <sup>3</sup>	Secondary Clarifier mg/l	Measured Specific Sludge Production g/m <sup>3</sup>	Parameters
		Simultaneous Precipitation with FeCl <sub>3</sub> (Unit 1)		Simultaneous Precipitation with FeSO <sub>4</sub> (Unit 2)			Activated Sludge Treatment (SA* = 3 days) (Unit 3)		Activated Sludge Treatment (SA* = 8 days) (Unit 4)		

\* PT = phosphore total PS = phosphore soluble (0.45 µm filtrat d'un filtre à membrane)  
AB = âge des boues

\* TP = total Phosphorus SP = soluble Phosphorus (0.45 µm membrane filtrate)  
SA = Sludge Age

Influence de l'agencement des procédés sur le taux de croissance des organismes qui oxydent l'ammoniac Tableau 4/Table 4 Influence of process configuration upon the growth rate of ammonia oxidizing organisms

procédé	taux de croissance à 10°C	Process
préprécipitation au Fe <sup>3+</sup>	~ 0.33 d <sup>-1</sup>	Preprecipitation with Fe <sup>3+</sup>
précipitation simultanée au Fe <sup>3+</sup>	~ 0.30 d <sup>-1</sup>	Simultaneous precipitation with Fe <sup>3+</sup>
procédé conventionnel des boues activées	~ 0.27 d <sup>-1</sup>	Activated sludge conventional
précipitation simultanée au Fe <sup>2+</sup>	~ 0.23 d <sup>-1</sup>	Simultaneous precipitation with Fe <sup>2+</sup>

Growth rate at 10°C

oxydent l'ammoniac révèle que l'addition de fer ferrique semble intensifier la croissance de ces organismes, alors que l'addition de fer ferreux produit l'effet contraire (tableau 4). Le degré élevé de nitrification atteint après la préprécipitation avec des boues âgées de trois jours seulement, à la température de 12°C, contraste avec le degré légèrement réduit de nitrification atteint avec des boues de cinq jours, à 12°C, lorsqu'un sulfate ferreux est utilisé pour la précipitation simultanée du phosphore. Un grand désavantage de la préprécipitation est son influence négative sur les propriétés des boues activées quant à la sédimentation. Les vitesses de sédimentation de boues activées, vitesses déterminées par le moyen d'essais discontinus, sont comparés dans la figure 2. Les vitesses réduites de sédimentation après la préprécipitation influencent considérablement l'agencement du clarificateur secondaire.

L'analyse de la phase aqueuse et de la phase solide de chaque composant nutritif permet de déterminer l'équilibre de poids de chaque composant et de calculer la perte dans la phase gazeuse. Le transport des masses de la phase aqueuse à la phase solide et à la phase gazeuse pour le carbone organique, le phosphore total et l'azote total durant le passage dans les différentes lignes peut ainsi être exprimé en termes de taux

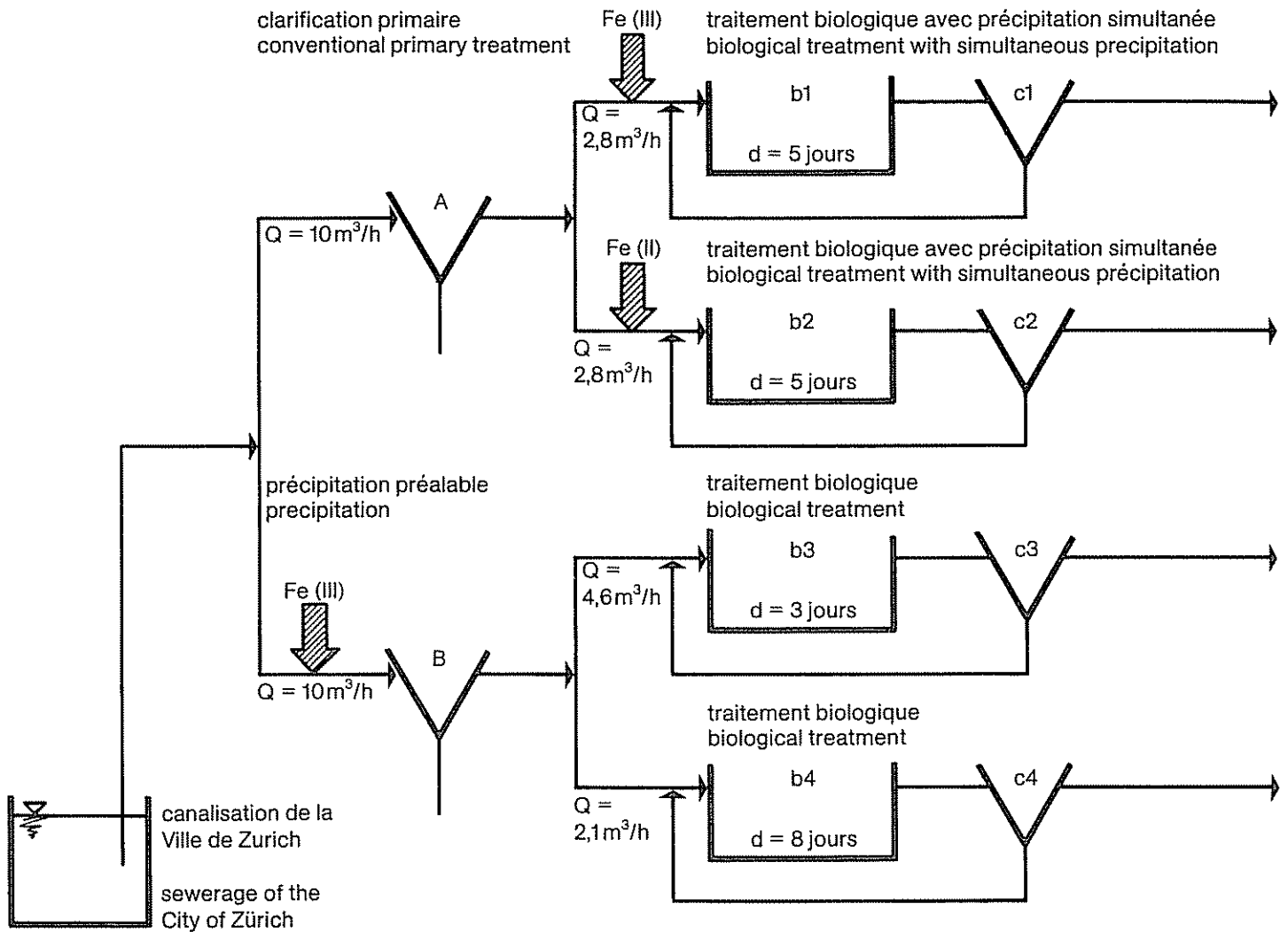
tage of the preprecipitation process is its negative influence on the settling characteristics of activated sludge. In Fig. 3 settling velocities of activated sludge, as determined in batch tests, are compared. The reduced settling velocities after preprecipitation do influence the design of secondary clarifier considerably.

With the help of the analysis of the aqueous and the solid phases of each nutrient component, it was possible to establish mass balances of each component and calculate the loss into the gaseous phase. The mass flow from the aqueous to the solid and gaseous phases of organic C, total P and total N along the different unit process combinations can thus be established in terms of removal rates. As an example the mass transport diagram of organic carbon and phosphorus are shown in Figure 4 and 5 for conventional mechanical-biological treatment, for the preprecipitation and for the simultaneous precipitation process combinations.

Comparing the two investigated processes for waste water treatment, the major differences are the slight but significant improvement in performance of the preprecipitation combinations, the lowering of the organic load of the biological treatment units by preprecipitation on the order of 30%, and the better settling characteristics of the activated sludge flocs

Fig. 2  
Flow-sheet des installations-pilote à la station expérimentale de l'EAWAG à Tüffenwies, installations servant à l'étude comparative de différents procédés de traitement chimique et biologique des eaux usées

Fig. 2  
Flow diagram of pilot facilities in the Tüffenwies experimental station of EAWAG as used for the comparative study of alternative chemical-biological wastewater treatment processes.



A clarification primaire conventionnelle  
 B clarificateur avec préprécipitation  
 b<sub>1</sub> - b<sub>4</sub> bassins d'aération  
 c<sub>1</sub> - c<sub>4</sub> clarification secondaire  
 d âge des boues (jours)

conventional primary clarifier A  
 preprecipitation clarifier B  
 aeration tanks b<sub>1</sub> - b<sub>4</sub>  
 secondary clarifiers c<sub>1</sub> - c<sub>4</sub>  
 sludge age (days) d

Fig. 3  
Vitesse de sédimentation de différentes charges de boues activées après précipitation et avec précipitation simultanée

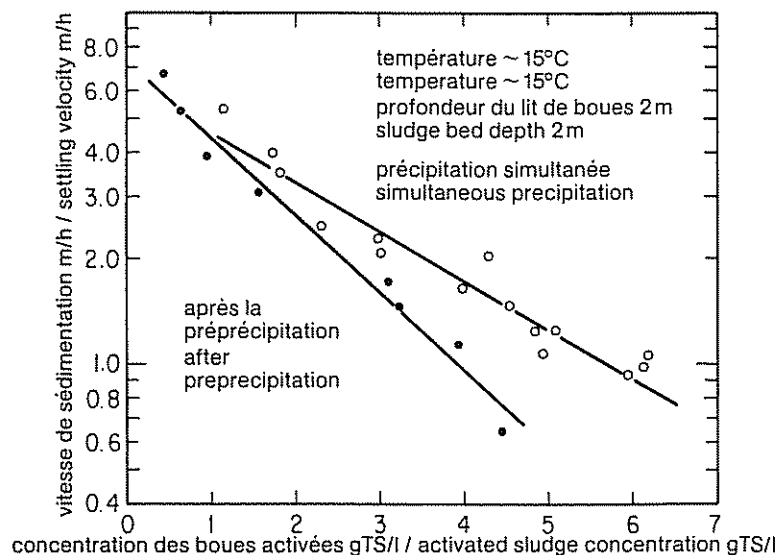


Fig. 3  
Batch settling velocities of activated sludge after precipitation and with simultaneous preprecipitation

Fig. 4  
Diagramme du transport massique du carbone organique dans différents procédés  
Masstransport diagram for organic carbon in alternative processes

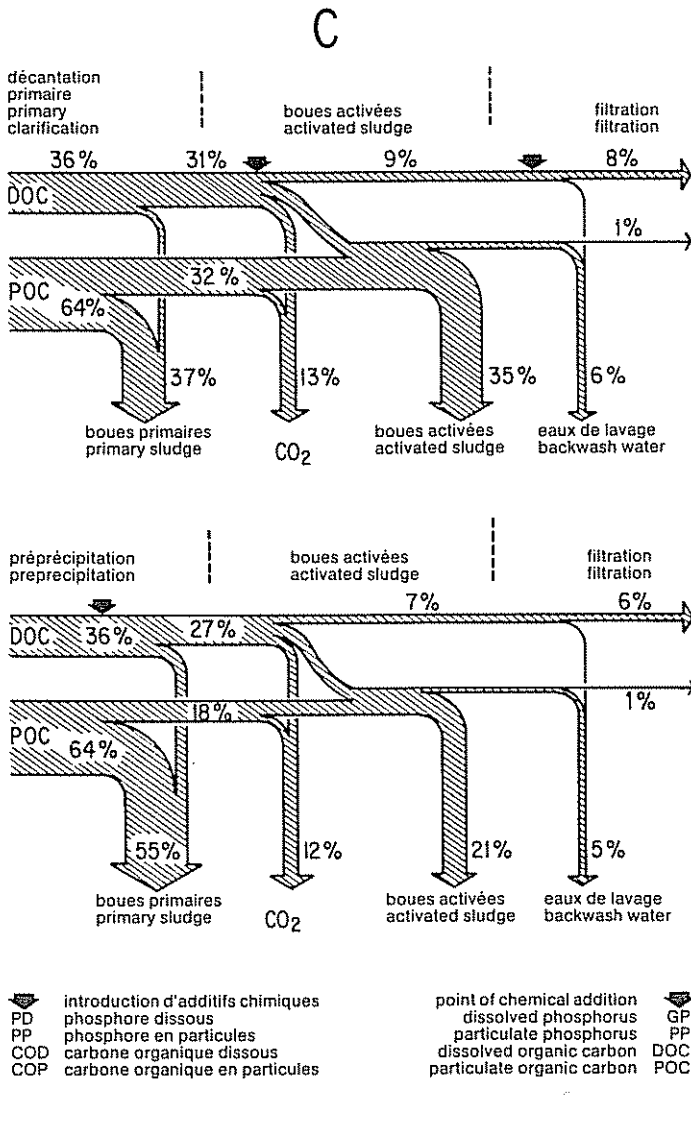
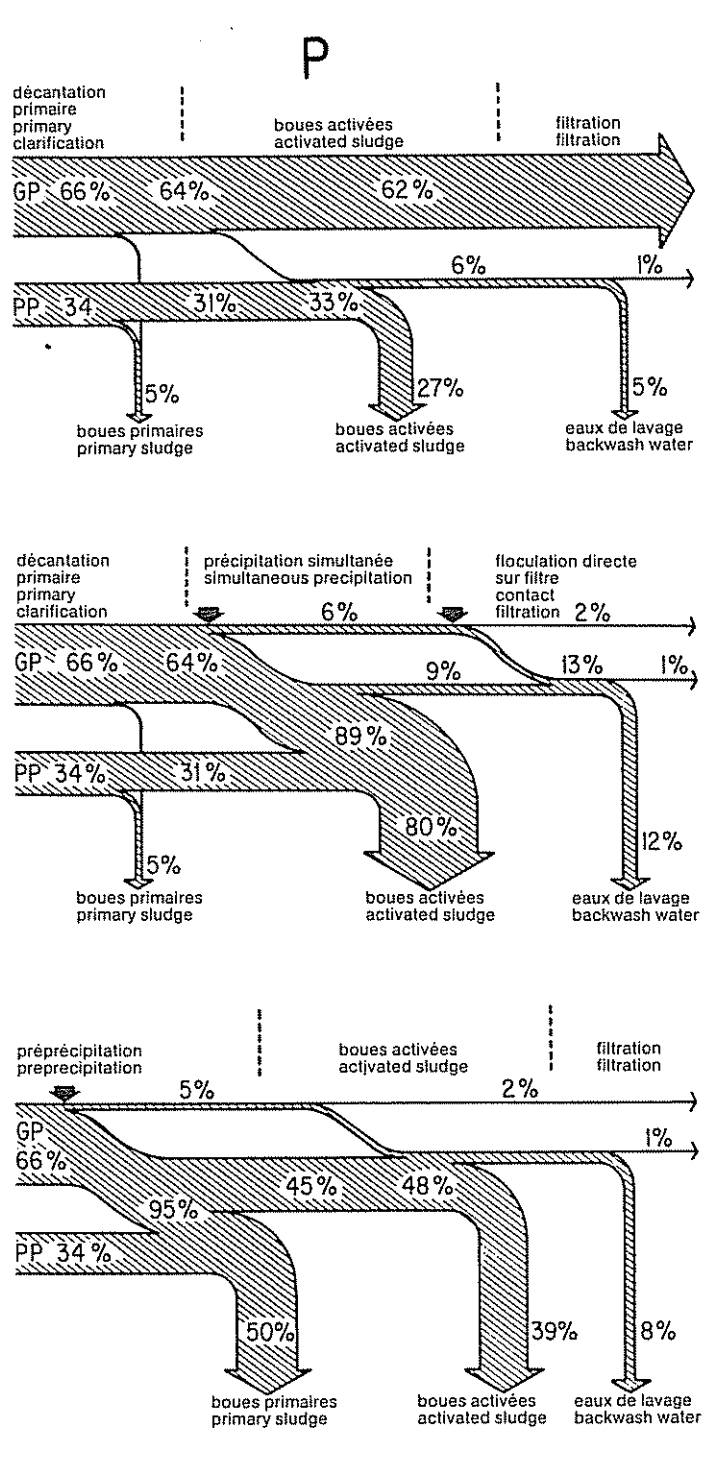


Fig. 5  
Diagramme du transport massique du phosphore dans différents procédés  
Masstransport diagram for phosphorus in alternative processes



d'élimination. A titre d'exemple, les figures 3 et 4 présentent les diagrammes de transport des masses de carbone organique et de phosphore dans les différentes combinaisons de traitement mécano-biologique conventionnel, de préprécipitation et de précipitation simultanée.

En comparant les deux procédés examinés, on constate la légère mais importante augmentation de l'efficacité des combinaisons de préprécipitation, l'abaissement de l'ordre de 30% de la charge organique des éléments de traitement biologique dans la préprécipitation et les meilleures propriétés des flocons de boues activées quant à la sédimentation dans la précipitation simultanée. Il est donc possible de réaliser une économie sur les frais de construction en plaçant de plus petits réacteurs après la préprécipitation et sur les frais d'énergie en diminuant d'environ 30% les apports d'oxygène. En revanche, après la préprécipitation, les boues biologiques se prêtent moins bien à la sédimentation et à l'épaississement, de sorte qu'il faut de plus grands tanks de sédimentation secondaire, ce qui augmente les frais de construction de l'installation de sédimentation. Les deux procédés sont à peu près équivalents en ce qui concerne les frais annuels. Le procédé de préprécipitation serait certainement indiqué pour les usines surchargées de traitement biologique ou dans les cas de grandes fluctuations saisonnières de la charge organique (stations touristiques).

in the simultaneous precipitation. Hence, on one hand it is possible to save construction costs by designing smaller biological reactors after preprecipitation and to save energy costs by lowering the oxygen input on the order of 30%; on the other hand the biological sludge after preprecipitation shows worse settling and thickening characteristics. This necessitates the design of larger secondary settling tanks, which leads to higher construction costs for the sedimentation unit. With respect to annual costs the two process combinations can be considered approximately equal. The preprecipitation process would certainly be advantageous for overloaded biological treatment plants or in cases of large seasonal fluctuations in the organic load (tourists resorts).

Dans l'étude des relations biochimiques qui régissent les rapports entre hôte et parasite l'analyse de la réaction immunologique de l'hôte est des plus intéressantes. L'importance croissante des mycoses en ichthyopathologie nous a stimulé à entreprendre une recherche sur la saprolégniose qui constitue l'affection mycosique des poissons la plus fréquente dans les eaux libres et les piscicultures (Fig. 1). Le travail que nous poursuivons depuis quelques années considère plusieurs aspects des interactions, qui rendent possible l'apparition de l'affection et qui se déroulent entre le milieu, le champignon pathogène et le poisson.

Pour l'analyse du phénomène, le rapport poisson-mycose paraît essentiel et il est en grande partie basé sur la compréhension des mécanismes de défense du poisson en particulier la réponse immunitaire. L'immunologie des poissons jouit actuellement d'un intérêt particulier surtout en relation avec l'étude des affections virales et bactériennes; intérêt qui est dicté par la perspective d'une éventuelle vaccination possible dans les piscicultures. (1; 2).

Des succès d'antigénisation expérimentale ont été obtenus (3, 4) par injection de substances purifiées, chimiquement définies et très immunogènes, par exemple: haptènes couplés à une protéine, suspension concentrée de bactériophages, B.S.A. (bovine sérum albumine), etc. Actuellement il existe déjà dans le commerce des vaccins pour certaines bactérioses et en vue d'une vaccination anti-virale plusieurs laboratoires ont des essais en cours.

De manière analogue, dans notre étude sur les mycoses, nous avons voulu rechercher une réaction immunologique chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) en injectant des extraits antigéniques de champignons agents de mycoses. Au préalable, avant d'étudier la réponse immunitaire chez un hôte naturel (dans notre cas la truite), nous avons entrepris avec un but taxonomique et enzymologique une étude sérologique comparée d'antigènes d'espèces de *Saprolegnia* à capacité parasitaire en injectant des lapins avec des extraits fongiques (5). Ces études basées sur les réactions obtenues avec des antisérums de lapin, nous ont permis ensuite de comparer l'intensité de la réaction immunologique du lapin avec celle de la truite. Voici, synthétisés, les résultats obtenus.

Avec l'injection d'extraits de cultures de *Saprolegnia*, nous avons provoqué expérimentalement chez le poisson la formation d'anticorps. En effet, des arcs de précipitation ont pu être révélés par la méthode de la double diffusion et de l'immuno-électrophorèse avec l'immunsérum de truites arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) ayant reçu 4 injections de la suspension antigénique normalement utilisée pour le traitement d'antigénisation des lapins (Fig. 2a). Chez des truites vivant dans les eaux libres, il nous a aussi été possible de mettre en évidence une réaction immunologique à la saprolégniose. Dans ce cas, nous avons obtenu des arcs de précipitations avec la technique de la double diffusion en utilisant le sérum de truite (*Salmo trutta fario*) naturellement infectée par *Sapolegnia* et des extraits antigéniques préparés à partir du lyophilisat d'une culture de référence de *S. parasitica* (Fig. 2b). Chose intéressante, une de ces fractions précipitantes présente une activité chymotrypsique (6). La mise en évidence d'un anticorps anti-chymotrypsine dans le sérum de poisson naturellement atteint de saprolégniose, semble confirmer l'importance des enzymes protéolytiques dans la compétence parasitaire des *Saprolegnia*. Cette enzyme synthétisée par la *Saprolegnia* en quantité considérable est en grande partie libérée dans le milieu, en effet l'activité retrouvée dans les filtrats de la culture est de 2 à 5 fois plus importante que celle retrouvée dans l'extrait mycélien. De même dans le diagramme des précipitations provoquées par les anticorps de lapin, la chymotrypsine con-

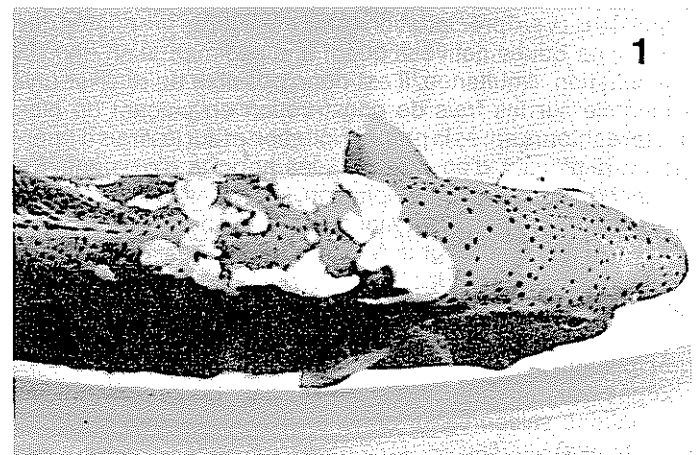
In the study of the biological relationship between host and parasite, the analysis of the immunological reaction of the host is most interesting. The increasing importance of mycoses in ichthyopathology incited us to start a study on saprolegniosis which is the most frequent form of mycosis attacking fish in natural waters and piscicultures (Fig. 1). Our study which has been going on for a number of years considers various aspects of the correlations that make infection possible and that occur between the medium, the pathogenic fungus and the fish. For analysis of this phenomenon, the correlation fish-mycosis seems to be of the greatest importance and is for the greater part based on an understanding of the fish's defense mechanisms, particularly its immune response. The immunology of fish is at present of great interest, especially in relation to the study of viral and bacterial infections; this interest is dictated by the perspective of possible vaccination in piscicultures (1; 2).

Successful antigenic inoculations have been made (3, 4) by injection of purified, chemically defined and very immunogenetic substances, e.g. haptenes coupled with a protein, a concentrated bacteriophageous suspension, BSA (bovine serum albumin), etc.

Similarly, in our study on mycoses, we had aimed at finding an immunological reaction in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by injecting antigenic extracts of fungi frequently responsible for mycoses in fish. Before that and prior to investigation of the immune response of a natural host (in our case the trout), we had started, in view of a taxonomical and enzymological study, a comparative serological study of the antigens of the potentially parasitic *Saprolegnia* species by injecting fungic extracts (5) into rabbits. This study, based on the reactions obtained with rabbit antisera, subsequently enabled us to compare the intensity of the rabbit's with the trout's immune reaction. Here is a synthesis of the results obtained. By injecting extracts of *Saprolegnia* cultures, we had experimentally triggered the formation of antibodies in the fish. By means of double-diffusion and immunoelectrophoresis with the im-

Fig. 6  
Truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) atteinte de saprolégniose spontanée.

Rainbow trout with spontaneous saprolegniosis. (8)



stitue une fraction antigénique majeure. Ainsi elle peut aussi être considérée comme une des fractions les plus représentatives par la production précoce chez le lapin de l'anticorps correspondant.

En comparant les résultats des analyses sérologiques (test d'Ouchterlony) données à la Fig. 2, nous pouvons relever que la réaction immunologique du poisson naturellement infecté par la mycose est nette (Fig. 2b) bien qu'elle soit moins forte que celle du poisson antigénisé expérimentalement (Fig. 2a). Nous pouvons aussi constater que la réaction immunitaire induite de façon expérimentale chez le poisson (Fig. 2a) est moins riche que celle fournie par le lapin antigénisé avec le même procédé (Fig. 2c). Cette ultérieure vérification de la réaction immunitaire moins élaborée chez le poisson que chez les vertébrés supérieurs constitue un aspect d'un vaste problème de biologie fondamentale, celui de la phylogénie de l'immunité.

En conclusion, nous pouvons mettre en évidence deux aspects essentiels:

- l'induction expérimentale chez la truite d'anticorps contre des antigènes fongiques (mycoses).
- l'obtention avec le test d'Ouchterlony de réactions positives, en faisant réagir le sérum de poisson sauvage infecté contre des antigènes connus extraits de cultures de *Saprolegnia* d'espèce déterminée.

muniserum of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) having received four injections of the antigenic suspension normally used for rabbit antigenization (Fig. 2a), precipitation lines were detected. In trout living in natural waters, we were also able to demonstrate an immune response to saprolegniosis. In this particular case, we obtained precipitation lines by means of the double-diffusion technique by using the trout serum (*Salmo trutta fario*) naturally infected by *Saprolegnia* and antigenic extracts prepared from lyophilisate of a control culture of *S. parasitica* (Fig. 2b). It is interesting to observe that one of these fractions exhibits chymotryptic activity (6). The detection of a chymoptrisin antibody in the serum of fish injected with saprolegniosis appears to corroborate the importance of the proteolytic enzymes in the parasitary capacity of the *Saprolegnia*. The said enzymes are synthesized in large amounts by the *Saprolegnia* and are for the greater part released into the medium; in fact, the activity found in the filtrates of the culture is 2-5 times higher than in the one found in the mycelial extract. Similarly, in the diagram of the precipitations triggered by the rabbit antibodies, chymoptrisin proves to be a major antigenic fraction. It may therefore be considered as one of the most representative fractions owing to the fact that the corresponding antibody is rapidly produced in the rabbit's organism.

A comparison of the results of the double gel diffusions (Ouchterlony test) shown in Fig. 2 puts us in a position to state that the immune response of fish naturally infected by the mycosis is evident (Fig. 2b), though less strong than the one of the fish experimentally antigenized (Fig. 2a).

It has also been observed that the immune reaction experimentally triggered in fish (Fig. 2a) is less intense than the one in rabbits that have been antigenized by the same procedure (Fig. 2c). This ulterior checking of the weaker immune reaction of fish as compared to higher vertebrates is one aspect of a vast problem of fundamental biology, i.e. the problem of immunological phylogenetics (7).

In conclusion, two essential aspects may be pointed out:

- experimental induction of antibodies against fungic antigens into the trout,
- positive reactions obtained by means of the Ouchterlony test, by making the serum of fish living in natural waters react against known antigens extracted from cultures of *Saprolegnia* belonging to a determined species.

Fig. 7  
Double diffusion en gel: comparaison de différentes réactions immunitaires.

Dans les cuves externes: extraits antigéniques de différentes espèces de *Saprolegnia*.

2a.: cuve centrale: antiserum de truite immunisée par injection d'antigènes de *S. parasitica*.

2b.: cuve centrale: sérum de truite naturellement infectée par la saprolégnirose.

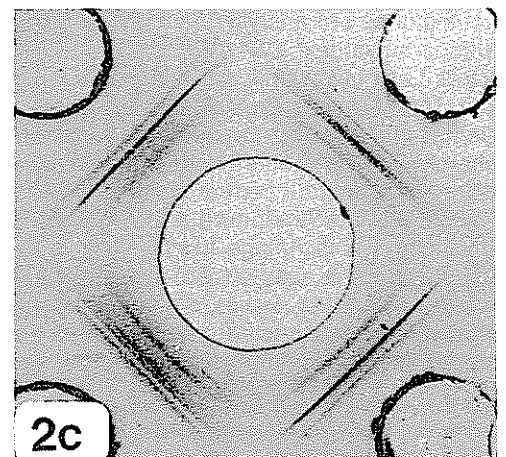
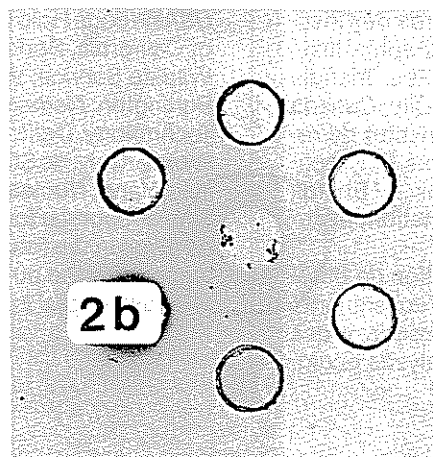
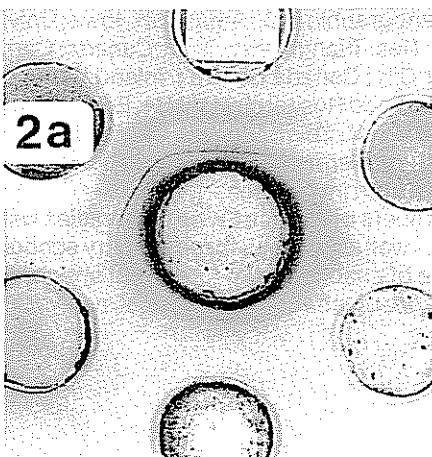
2c.: cuve centrale: immunosérum de lapin anti-*Saprolegnia*.

Immunoprecipitates obtained by double-diffusion analysis: the surrounding wells contained antigenic extracts of different *Saprolegnia* species.

2a.: central well: trout-antiserum immunized by injection of *S. parasitica*-antigens.

2b.: central well: trout serum of a naturally infected animals.

2c.: central well: rabbit anti-*Saprolegnia* immuniserum.



## Bibliographie

1. Anderson D.P. (1974): Fish Immunology, Book 4, Diseases of Fishes. Edited by Snieszko S.F. and Axelrod H.R. T.F.H. Publications, Inc. Ltd.
2. Dorson M. (1977): Utilisation de la vaccination pour la prévention des maladies en salmoniculture. Riv. It. Piscic. Ittiopath. 12 (2), 43-49
3. Vladimirov V.L. (1968): Immunity in Fish. Bull. Off. Int. Epiz. 69 (9-10), 1365-1372.
4. Harris J.E. (1973): The Immune Response of Dace *Leuciscus leuciscus* (L.) to Injected Antigenic Material. J. Fish. Biol. 5, 261-267.
5. Peduzzi R. (1975): Recherches sur la Saprolognie. I Etude sérologique d'espèces de *Saprolegnia* à capacité parasitaire. Riv. It. Piscic. Ittiopat. 10 (4), 117-126.
6. Peduzzi R., Bizzozero S. (1977): Immunochemical Investigation of Four *Saprolegnia* Species with Parasitic Activity in Fish: Serological and Kinetic Characterisation of a Chymotrypsin-Like Activity. Microbial Ecology 3, 107-118.
7. Corbel M.J. (1975): The Immune Response in Fish: a Review. J. Fish. Biol. 7, 539-563.
8. Peduzzi R., N. Nolard-Tintigner, S. Bizzozero (1976): Recherches sur la Saprolognie. II Etude du processus de pénétration, mise en évidence d'une enzyme protéolytique et aspect histopathologique. Riv. It. Piscic. Ittiopat. 11, 4, 109-117.

### Cours fondamental et de perfectionnement: analyse chimique de l'eau

Sous la direction du Professeur Werner Stumm et avec la collaboration de chargés de cours, de collaborateurs universitaires et d'experts de l'EAWAG, le cours fondamental et de perfectionnement commencé en 1974 a été complété par deux nouvelles sessions. Il sert à la formation de représentants des offices fédéraux et cantonaux de protection des eaux (chimistes ayant fait leurs études dans une université ou une école technique supérieure). La 6<sup>me</sup> session fut consacrée au thème «Composants organiques des eaux» et la 7<sup>me</sup> à celui des «Substances en suspension».

### Advanced Studies Course: Chemical Water Analysis

Under the direction of Professor Werner Stumm and in collaboration with university men and guest lecturers at EAWAG, a basic and advanced studies course started in 1974 was continued by two further sessions. The course is intended for representatives of federal and cantonal water protection authorities (chemists having studied at a university or an institute of technology). The 6<sup>th</sup> session dealt with «Organic water components» and the 7<sup>th</sup> with «Suspended Matter».

### Cours de laboratoire sur la chromatographie au gaz à l'aide de capillaires en verre

Pour répondre aux nombreuses demandes venues d'outre-mer, le Professeur Kurt Grob a donné un cours dans le but d'inculquer aux employés de laboratoires qui ont à effectuer des analyses sans avoir accès à nos sources de matériel et d'information les connaissances élémentaires qui leur permettront de travailler indépendamment. Ce fut le premier cours qui, en plus du maniement des capillaires en verre, apprit aux participants le nouveau procédé permettant de confectionner les dits tubes, procédé développé particulièrement à l'intention des laboratoires non spécialisés. Assistance dans le laboratoire: Dr. J. Schmid, Mme G. Grob. *Participants*: 5 géochimistes, 4 analystes des eaux, 3 analystes écologiques et 1 analyste de matières alimentaires des institutions suivantes: *USA*: Woods Hole Oceanographic Inst.; Ames Lab., Iowa; Univ. of California, Berkeley; Res. Triangle Inst., N.C.; *Canada*: Can. Wildlife Service, Vanier City; Canada Centre f. Inland Waters, Burlington; *Pays-Bas*: Institut de recherche sur les matières alimentaires, Ede; Ecole Polytechnique, Delft; Institut central, Zeist; *Angleterre*: Univ. of Bristol; *France*: Univ. de Strasbourg; *Allemagne*: Meeresstation Helgoland; *Kernforsch. Anlage Jülich*. Des cours analogues ont été organisés à l'intention de différentes universités suisses, ainsi qu'à l'intention d'enseignants d'écoles secondaires pour leur permettre d'apprendre à des élèves spécialement doués à effectuer des analyses écologiques.

### High Resolution Gas Chromatography for Water Analysts Laboratory Course on Capillary Gas Chromatography

As a response to continued pressure from overseas, Professor Kurt Grob gave a course for the purpose of providing analysts who have no access to our sources of material and information with the necessary know-how enabling them to work independently. In addition to instructions regarding manipulation of capillary columns, the course included an introduction to the new production process of the columns that have been developed especially for use in non-specialized laboratories. Assistance in the laboratory: Dr. J. Schmid, Mrs. G. Grob. *Participants*: 5 geochemists, 4 water analysts, 3 environmental analysts and 1 food analyst from the following institutions: *USA*: Woods Hole Oceanographic Inst.; Ames Lab., Iowa; Univ. of California, Berkeley; Res. Triangle Inst., N.C.; *Canada*: Can. Wildlife Service, Vanier City; Canada Centre f. Inland Waters, Burlington; *Netherlands*: Food Research Institute, Ede; Inst. of Technology, Delft; Central Inst., Zeist; *England*: Univ. of Bristol; *France*: Univ. de Strasbourg; *Germany*: Oceanographic Station Helgoland; Nuclear Research Inst., Jülich. Similar courses for members of various Swiss universities will be given in the future, as well as courses for secondary school teachers in the purpose of enabling them to instruct specially talented pupils in the art of effecting ecological analyses.

## Distinction honorifique pour le Professeur Dr. Werner Stumm

La distinction «Award for Pollution Control» (distinction accordée pour les efforts en vue de contrôler la pollution) de la American Chemical Society placée sous le patronage de la Monsanto Company a été décernée au Professeur Werner Stumm, directeur de l'EAWAG et professeur à l'École Polytechnique Fédérale, en récompense de son importante contribution au développement de nos connaissances sur la multitude des phénomènes chimiques, physiques et biologiques qui influencent la nature des systèmes aquatiques, l'efficacité des mesures anti-pollution et des systèmes de traitement des eaux, ainsi que le sort des substances polluantes dans les systèmes aquatiques.

## Award for Professor Dr. Werner Stumm

The American Chemical Society Award for Pollution Control sponsored by Monsanto Company has been presented to Prof. Werner Stumm, Director of the EAWAG and Professor at the Swiss Federal Institute of Technology, for his significant contribution to our understanding of the multitude of chemical, physical, and biological phenomena that control the nature of aquatic systems, the performance of pollution control and water treatment systems, and the fate of pollutants in aquatic systems.

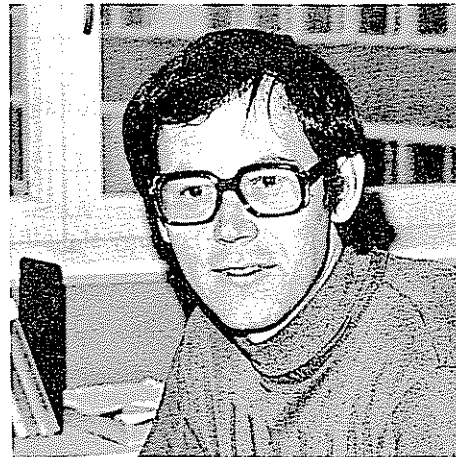
C'est à notre grand regret que le Dr. Paul Roberts nous a quittés pour l'Université de Stanford où il a été nommé professeur. Durant les quelques années passées chez nous comme chef de département, il a réussi à augmenter la productivité et l'efficacité du département de science technique. C'est aussi le Professeur Roberts qui a su mettre en route la fructueuse collaboration entre ingénieurs et naturalistes, ce qui s'est reflété dans le succès remporté par ses cours à l'EPF Zurich.

To our great regret Dr. Paul Roberts has left us in response to his nomination as professor at Stanford University. In the span of a few years as head of our engineering science department he has succeeded in developing it into a most productive and technically most efficient department. He is also the initiator of a productive cooperation between engineers and naturalists; this has been reflected in the success of his lectures at the Swiss Federal Institute of Technology, Zürich.

Le Dr. M. Kavanaugh a également quitté notre département de science technique pour retourner aux États-Unis d'Amérique; il est maintenant chargé de cours à l'Université de Californie, à Berkeley.

Dr. M. Kavanaugh has also left us and has gone back to the USA where he now works as lecturer at the University of California, Berkeley.

Le Dr. Willi Gujer, ing. dipl. EPF, a été nommé chef en charge du département de science technique. Sa formation d'ingénieur civil a été complétée par des études post-grade et par une thèse de doctorat sur les constructions hydrauliques dans les agglomérations. Il est depuis le 1er avril 1974 à l'EAWAG et, depuis 1976, chargé de cours à l'EPF Zurich.



Dr. Willi Gujer has been nominated as head of the office of the engineering science department. His civil engineering studies were complemented by a post-graduate course and a doctorate on the subject of municipal hydraulic engineering. He has been working since April 1, 1974 at EAWAG and since 1976 as lecturer at the Swiss Institute of Technology, Zürich.

## Chercheurs et conférenciers qui ont été les hôtes de l'EAWAG durant quelques mois

## Guest research scientists and lecturers who were at EAWAG for several months

<b>Prof. A. Lerman</b>	Northwestern University, Dept. Geological Sciences, Evanston, Illinois. Guggenheim Fellow.
<b>Prof. G.A. Parks</b>	Stanford University, Dept. Applied Earth Sciences and Environmental Engineering, Stanford, California.
<b>Prof. M. Rebhun</b>	Technion-Israel, Inst. of Technology, Environmental Engineering, Haifa, Israel.
<b>Dr. R.S. Rosich</b>	Canberra College of Advanced Education, School of Applied Sciences, Canberra City, A.C.T., Australia.
<b>Prof. H. Bilinski</b>	«Ruder Boskovic» Institute, Zagreb, Jugoslawien.
<b>Prof. W.G. Characklis</b>	Rice University, Department of Environmental Science and Engineering, Houston, Texas/USA.
<b>Prof. R.M. Garrels</b>	Geology Department, Northwestern University, Evanston, Illinois/USA.
<b>Prof. M. Gysi</b>	Dept. Civil Engineering, University of Calgary, Calgary/Alberta, Canada.
<b>Prof. Ch.R. O'Melia</b>	Dept. Environmental Sciences and Engineering, Univ. of North Carolina, Chapel Hill, N.C./USA.

*Thèses de doctorat**Doctoral Theses***Baldegger, W.**

Etude du mécanisme de l'action du chlore dans la destruction des germes

**Baldegger, W.**

Research on the mechanism of germ destruction by chlorine.

**Brunner, P.**

Contribution à la pyrolyse de la cellulose en vue de la production de charbon actif à partir de déchets contenant de la cellulose

**Brunner, P.**

Contribution to the pyrolysis of cellulose for the production of activated carbon from wastes.

**Kappeler, Th.**

Décomposition microbienne de la fraction EL du fuel oil dans les eaux souterraines

**Kappeler, Th.**

Decomposition by microbes of the EL fraction of fuel oil in ground water.

**Krummenacher, Th.**

Bilan des substances nutritives dans le Lac d'Alpnach

**Krummenacher, Th.**

Nutrient balance in the Lake of Alpnach.

**Reinhard, M.**

Formation de combinaisons organiques chlorées lors de la chloration d'eaux naturelles

**Reinhard, M.**

Formation of organic compounds containing chlorine during chlorination of natural waters.

**Ruhlé, Ch.**

La gestion de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus salvelinus*) dans le Lac de Zoug

**Ruhlé, Ch.**

The management of the char (*Salvelinus alpinus Salvelinus L.*) in the Lake of Zug.

**Wellinger, A.**

Etude du métabolisme de la bactérie du méthane tribu AZ

**Wellinger, A.**

Research on the metabolism of the methane bacterium phylum AZ

**Zehnder, A.J.B.**

Ecologie des bactéries du méthane

**Zehnder, A.J.B.**

Ecology of methane producing bacteria.

*Travaux de diplôme**Masters Theses***Bader, C.**

Influence des propriétés des boues activées à l'épaississement sur l'optimisation technique d'un système biologique d'épuration des eaux usées

**Bader, C.**

Influence of the thickening characteristics of activated sludge on the optimization of the processing technique in a biological sewage treatment plant.

**Meier, W.**

Etude du rayonnement dans les couches pélagiques du Greifensee et de l'utilisation de la portion d'énergie photosynthétiquement active par le phytoplancton (biomasse et pigments), à l'aide de méthodes améliorées de mesure

**Meier, W.**

Research on radiation in the pelagic layers of Greifensee and on utilization of the photosynthetically active energy portion by the phytoplankton (biomass and pigments), by means of improved measurement methods.

**Polli, B.**

Comparaison, en ce qui concerne l'électrophorèse et l'immunologie, d'extraits de la forme végétative et de la phase de production de spores (pathogènes) de *saprolegnia* (phycomycètes)

**Polli, B.**

Comparison of extracts of the vegetative and the sporogenous (pathogens) form of *saprolegnia* (phycomycetes) regarding the electrophoresis and immunology.

**Stöckli, A.**

Etude effectuée en vue d'adapter la photosynthèse du plancton des lacs aux changements de lumière, de pression et de température, par le moyen de méthodes expérimentales in situ améliorées

**Stöckli, A.**

Study of the adaptation of photosynthesis of lake plankton to changes in light, pressure, and temperature, by means of improved experimental in situ methods.

---

**Siebert, Constanze**

Quantification du bilan interne des substances des couches pélagiques des lacs, par un essai à grande échelle, à l'exclusion de la consommation primaire et du reste de la chaîne alimentaire  
(travail pour l'admission à l'Université de Tübingen, effectué dans le Département Limnologie de l'EAWAG)

---

**Siebert, Constanze**

Quantification of the internal balance of substances in the pelagic layers by means of a large scale test (primary consumption and the further food chain not included).  
(Paper for admission to the University of Tübingen, the work having been done at the Limnological department of EAWAG.)

---

**EAWAG-Publications**

(Mai 1976 – Août 1977 / May 1976 – August 1977)

569

Emerson, St.:  
Early Diagenesis in Anaerobic Lake Sediments:  
Chemical Equilibria in Interstitial Waters.  
*Geochim. et Cosmochim. Acta* 40, 925–934 (1976).

570

Peduzzi, R. and Bizzozero, S.:  
Immunochemical Investigation of Four Saprolegnia Species with Parasitic Activity in Fish:  
Serological and Kinetic Characterization of a Chymotrypsin-Like Activity.  
*Microbial Ecology* 3, 107–118 (1977).

571

Leidner, H., Gloor, R. und Wuhrmann, K.:  
Abbaukinetik linearer Alkylbenzolsulfonate.  
*Tenside Detergents* 13, 122–130 (1976).

572

Kappeler, Th.:  
Über den mikrobiellen Abbau der wasserlöslichen Heizöl EL-Fraktion im Grundwasser.  
Diss. ETH 5688, Juris Druck + Verlag, Zürich 1976.

573

Luder, J., Conrad, Th. und Buck, A.:  
Entfernung von Tensiden aus Abwässern.  
*Chemie-Ing.-Techn.* 48, 4 (1976).

\*574

Brunner, P.:  
Beitrag zur Pyrolyse von Cellulose für die Herstellung aus cellulosehaltigen Abfallstoffen.  
Diss. ETH Zürich Nr. 5705, 1976.

575

Kaspar, H., Leidner, H., Wuhrmann, K.:  
Elimination von Erdöl-Kohlenwasserstoffen in Belebtschlammanlagen.  
*GWF-Wasser/Abwasser*, 117, 400–405 (1976).

576

Gächter, R.:  
Die Tiefenwasserableitung, ein Weg zur Sanierung von Seen.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 1–28 (1976).

577

Hegi, H.R.:  
Schwermetalle (Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) im Pelagial des Bodensees (Obersee und Untersee) und des Greifensees.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 35–47 (1976).

\*\*578

Hofer-Siegrist, Lore:  
Eine verbesserte Methode zur Bestimmung von ATP in Seewasser.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 49–54 (1976).

579

Gherini, St., Forsberg, M. and Stumm, W.:  
Aquatic Chemical Equilibria (Chapter Water Chemistry).  
in: *Encyclopedia of Environmental Science and Engineering* (Eds.: Pfafflin/Ziegler), Gordon & Breach Science Publ. Ltd., London 1976, pp. 986–1003.

580

Müller, R.:  
Untersuchungen über die Körpertemperatur von Süßwasserfischen.  
Investigations on the Body Temperature of Freshwater Fishes.  
*Arch. Fisch. Wiss.* 27, Beiheft 2, 1–28 (1976).

581

Gherini, St., Forsberg, M. and Stumm, W.:  
Water: Properties, Structure and Occurrence in Nature.  
in: *Encyclopedia of Environmental Science and Engineering* (Eds.: Pfafflin/Ziegler), Gordon & Breach Science Publ. Ltd., London 1976, pp. 1017–1043.

\*582

Dalang, F. and Stumm, W.:  
Comparison of the Adsorption on Hydrous Oxide Surfaces of Aquo Metal Ions with that of Inert Complex Cations.  
*Colloid and Interface Sc.* 4, 157–168 (1976).

\*\*583

Krummenacher, Th.:  
Die Nährstoffbilanz des Alpenersees.  
Diss. ETH Zürich Nr. 5689, Zürich 1976.

\*584

Brezonik, P.L., Brauner, P.A. und Stumm, W.:  
Trace metal analysis by anodic stripping voltammetry: effect of sorption by natural and model organic compounds.  
*Water Research* 10, 605–612 (1976).

585

Boiler, M.:  
Die Vorfällung als Mittel zur Entlastung einer Grosskläranlage.  
*Gas-Wasser-Abwasser* 56, 375–384 (1976).

\*\*586

Giger, W., Reinhard, M., Schaffner, Chr. and Zürcher, F.:  
Analyses of Organic Constituents in Water by  
High-Resolution Gas Chromatography in Combination with  
Specific Detection and Computer-Assisted Mass  
Spectrometry.  
In: Identification and Analysis of Organic Pollutants  
in Water. Ed.: L.H. Keith, Ann Arbor Science Publ. Inc.,  
Ann Arbor 1976, pp. 433-452.

\*587

Stumm, W. and Giovanoli, R.:  
On the Nature of Particulate Manganese in  
Simulated Lake Waters.  
*Chimia* 30, 423-425 (1976).

\*588

Grob, K. and Grob, G.:  
Glass Capillary Gas Chromatography in Water  
Analyses: How to Initiate Use of Method.  
(wie 586; pp. 75-86).

589

Zehnder, A.:  
Ökologie der Methanbakterien.  
Diss. ETH Zürich No. 5716, Zürich 1976.

590

Giger, W. and Schaffner, Chr.:  
Aliphatic, Olefinic, and Aromatic  
Hydrocarbons in Recent Sediments of a  
Highly Eutrophic Lake.  
*Advances in Organic Geochemistry*, 1975.

\*\*591

Gujer, W.:  
Design of Nitrifying Activated Sludge Process  
with the Aid of Dynamic Simulation.  
*Progr. Water Tech.* Vol. 9, pp.323-336,  
Pergamon Press 1977.

592

Gloor, R., Leidner, H.:  
Bestimmung von Carbonsäuren aus wässriger Lösung  
mittels Kappilar-Gas-Chromatographie.  
*Chromatographia*, 9, 618-623 (1976).

\*\*593

Grob, K.:  
Are Noble Metals the Ideal Material for  
Interfaces in Capillary Gas Chromatography?  
(Short Communications).  
*Chromatographia* 9, 509-512 (1976).

594

Zehnder, A.J.B. and Wuhrmann, K.:  
Titanium (III) Citrate as a Nontoxic Oxidation-  
Reduction Buffering System for the Culture of  
Obligate Anaerobes.  
*Science*, 194, 1165-1166 (1976).

595

Stumm, W.:  
Natürliche Gewässer weiterhin stark gefährdet.  
Neue Zürcher Zeitung, Beilage «Forschung & Technik»,  
27. 10. 1976, Nr. 252.

596

Zehnder, A.J.B. and Wuhrmann, K.:  
Physiology of a Methanobacterium Strain AZ.  
*Arch. Microbiol.* 111, 199-205 (1977).

\*\*597

Rühlé, Ch.:  
Die Bewirtschaftung des Seesablings  
(*Salvelinus alpinus salvelinus L.*) im Zugersee.  
Diss. ETH Zürich Nr. 5809, Zürich 1976.

598

Erni, P.:  
Systemanalyse des Belebtschlammverfahrens  
im Hinblick auf seine optimale Regelung.  
Diss. ETH Zürich Nr. 5569, 1975.

\*\*599

Grob, K. and Grob, G.:  
A new generally applicable procedure for the preparation  
of Glass Capillary Columns.  
*J. Chromatogr.* 125, 471-485 (1976).

600

Luggen, E., Widmer, F. und Wuhrmann, K.:  
Die Teilchengrösseverteilung als charakteristische  
Schlammkenngrösse.  
*Wasser, Energie, Luft*, 68, 257-260 (1976).

601

Roberts, P.V., Gujer, W. und Boller, M.:  
Verfahrenstechnische Unterlagen im Hinblick auf die neuen  
Gewässerschutzanforderungen - Ergebnisse der Versuche  
über Nitrifikation und Phosphorelimination in Zürich  
und Bern.  
I. Einführung und Perspektive im Hinblick auf die  
Gewässerschutzplanung (P.V. Roberts)  
II. Verfahrenstechnische Grundlagen der Nitrifikation in  
Belebtschlammanlagen. (W. Gujer)  
III. Flockungfiltration zur Elimination von Phosphor aus  
kommunalem Abwasser. (M. Boller)  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 56, 604-622 (1976).

\*\*602

Wuhrmann, K.A.:  
Genauere Ermittlung des spezifischen  
Filtrationswiderstandes.  
*Wasser, Energie, Luft*, 68, 245-246 (1976).

603

Zürcher, F. und Giger, W.:  
Flüchtige organische Spurenkomponenten in der Glatt.  
*Vom Wasser*, 47, 37-55, (1976).

\*604

Scholl, A. und Geiger, W.:  
Zum Artproblem bei See- und Bachforellen:  
ein biochemisch-genetischer Beitrag.  
*Rev. Suisse Zoologie*, 83, 976-980 (1976).

605

Roberts, P.V., Dauber, L., Novak, B. und Zobrist, J.:  
Schmutzstoffe im Regenwasser einer  
städtischen Trennkanalisation.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 56, 672-679 (1976).

606

Peduzzi, R., Nolard-Tintigner, N. et Bizzozero, S.:  
Recherches sur la Saprolégniose:  
II. Etude du processus de pénétration, mise en évidence  
d'une enzyme protéolytique et aspect histopathologique.  
*Riv. It. Piscic. Itiop.* XI, 109-117 (1976).

607

Kalman, L.:  
Ein neues Verfahren für die Berechnung des Sauerstoff-  
eintrags bei Belebtschlammanlagen.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 56, 683-686 (1976).

- 608  
Stumm, W.:  
Die Beeinträchtigung aquatischer Oekosysteme durch die Zivilisation.  
*Naturwissenschaften*, 64, 157–165 (1977).
- \*\*609  
Stumm, W.:  
Die Bedeutung und die Problematik der schwer abbaubaren Stoffe für die Umwelt.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 57, 38–41 (1977).
- \*\*610  
Stumm, W.:  
Einige praktische Aspekte aus der Theorie der Flockung.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 57, 134–138 (1977).
- 611  
Schurr, J.M. and Ruchti, J.:  
Dynamics of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Exchange, Photosynthesis and Respiration in Rivers from Time-Delayed Correlations with Ideal Sunlight.  
*Limnol. Oceanogr.* 22, 208–225 (1977).
- 612  
Wuhrmann, K.:  
Grenzen der mikrobiellen Selbstreinigung der Oberflächengewässer und ihre Konsequenzen für die Trinkwasseraufbereitung.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 57, 184–193 (1977).
- \*613  
Ambühl, H.:  
Überblick über den Zustand der schweizerischen Oberflächengewässer.  
*Gas-Wasser-Abwasser*, 57, 27–32 (1977).
- 614  
Gächter, R.:  
Untersuchungen über die Beeinflussung der planktischen Photosynthese durch anorganische Metallsalze im eutrophen Alpnachersee und in der mesotrophen Horwer Bucht.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 97–119 (1976).
- 615  
Baccini, P.:  
Untersuchungen über den Schwermetallhaushalt in Seen.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 121–158 (1976).
- 616  
Gujer, W.:  
Nitrifikation in Fließgewässern – Fallstudie Glatt.  
*Schweiz. Z. Hydrol.* 38, 171–189 (1976).
- 617  
Hoigne, J. and Bader, H.:  
Beeinflussung der Oxidationswirkung von Ozon und OH-Radikalen durch Carbonat.  
*Vom Wasser*, 48, 283–304 (1977).
- 618  
Wellinger, A.:  
Untersuchungen über den Stoffwechsel des Methanbakteriums Stamm AZ.  
Diss. ETHZ Nr. 5878, 1977.
- 619  
Baldegger, W.:  
Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Chlor bei der Keimabtötung.  
Diss. ETHZ Nr. 5850, 1977.
- \*620  
Bloesch, J., Stadelmann, P., Bühner, H.:  
Primary production, mineralization, and sedimentation in the eutrophic zone of two Swiss lakes.  
*Limnol. and Oceanogr.* 22, 3 (1977).
- \*621  
Imboden, D.M. and Gächter, R.:  
A dynamic lake model for tropic state prediction.  
To be published in *Int. J. Ecological Modelling*.
- \*622  
Imboden, D.M. and Emerson, S.:  
Natural radon and phosphorus as limnologic tracers: Horizontal and vertical eddy diffusion in Greifensee.  
*Int. J. Limnol. Oceanogr.*
- 623  
Imboden, D. et al.:  
Lake Tahoe geochemical study: I. Lake chemistry and tritium mixing study.  
*Limnol. and Oceanogr.*
- \*624  
Peduzzi, R. und Meng, H.J.:  
Introduzione alla pesca elettrica.  
I. Nozioni fondamentali di elettrotecnica.  
*Riv. It. Piscic. Ittiopathol.* 11, 1,25–34 (1976).
- \*625  
Peduzzi, R. und Meng, H.J.:  
Introduzione alla pesca elettrica.  
II. La reazione del pesce alla corrente elettrica.  
*Riv. It. Piscic. Ittiopathol.* 11, 2,55–63 (1976).
- \*626  
Peduzzi, R. und Meng, H.J.:  
Introduzione alla pesca elettrica.  
III. Applicazione della corrente elettrica alla pesca.  
*Riv. It. Piscic. Ittiopathol.* 11, 3,81–87 (1976).
- \*\*627  
Peduzzi, R.:  
Le malattie dei pesci e le possibilità di lotta.  
*Acquicolt. Ticinese* 60, 27–41 (1976).
- 628  
Chliamovitch, Y.P. and Kuhn, C.:  
Behavioural, haematological and histological studies on acute toxicity of bis (tri-n-butyltin) oxide on *Salmo gairdneri* Richardson and *Tilapia rendalli* Boulenger.  
*J. Fis. Biol.* 10, 575–585 (1977).
- \*629  
Hoigné, J. and Bader, H.:  
Ozonation of Water: Selectivity and Rate of Oxidation of Solutes.  
3rd Congress Internat. Ozone Inst., Paris May 1977.
- 630  
Boller, M.A. and Kavanaugh, M.C.:  
Contact Filtration for Additional Removal of Phosphorus in Waste Water Treatment.  
*Progress in Water Technol.* 8, 203–213 (1977).
- 631  
Roberts, P., Gujer, W., Eugster, J.:  
Reinigung von kommunalem Abwasser mittels Aktivkohle nach schwach belasteter biologischer Reinigung und Filtration.  
*Vom Wasser*, 48, 47–70 (1977).

632

Zobrist, J., Davis, J. und Hegi, H.R.:  
Charakterisierung des chemischen Zustandes  
von Fließgewässern.  
GWA, 57, 402-415 (1977).

\*\*633

Grob, K., Grob, G. and Grob, K. Jr.:  
The Barium Carbonate Procedure for the Preparation  
of Glass Capillary Columns; Further Informations  
and Developments.  
Chromatographia 10, 181-188 (1977).

\*\*634

Grob, K. Jr. and Grob, K.:  
Are We Using the Full Range of Film  
Thickness in Capillary-GLC?  
Chromatographia 10, 250-255 (1977).

\*\*635

Grob, K. und Grob, G.:  
Ein neues Herstellungsverfahren für  
Glaskapillarsäulen.  
Chimia 31, 175-179 (1977).

\*\*636

Giger, W. and Molnar-Kubica, Eva:  
Tetrachloroethylene in Contaminated  
Ground- and Drinking Waters.  
Bull. Environmental Contamination  
and Toxicology 19 (1977).

\*\*637

Bundi, U. und Stumm, W.:  
Fallstudien der Gewässerschutz-Planung.  
Pro Aqua 1977.

638

Reinhard, M.:  
Die Bildung von chlorhaltigen organischen  
Verbindungen bei der Chlorung von natürlichem Wasser.  
Diss. ETHZ Nr. 5719, 1977.

639

Dalang, F.:  
Zur Adsorption von Kationen an die  
Metalloxid-Wasser-Grenzfläche.  
Die Adsorption von robusten Kobaltkomplexen.  
Diss. ETHZ Nr. 5916, 1977.

\* pas encore publié / not yet published

\*\* pas de tiré à part à disposition / no off-prints available

---

*Les auteurs:*

M. Markus Boller est un de nos collaborateurs travaillant dans le Département de science technique; sa spécialité est le traitement des eaux et des déchets en vue d'éliminer les particules.

Le Dr. Walter Giger est le chef de notre groupe d'analystes des matières organiques.

Le Dr. Willi Gujer est le chef de notre Département de science technique et donne des conférences à l'Ecole Polytechnique Fédérale.

Madame Eva Molnar est une de nos collaboratrices travaillant dans le Département Chimie.

Le Dr. Raffaele Peduzzi est un spécialiste de la pathologie des poissons; il travaille dans notre Département de science ichtyologique et donne des conférences à l'Université de Genève.

*L'éditeur:*

D. Stickelberger qui est le chef adjoint du Centre International OMS pour la gestion des déchets solides à l'EAWAG.

*Authors:*

Mr. Markus Boller is a collaborator in our engineering science department, he is a specialist on water and waste treatment for particle removal.

Dr. Walter Giger is the head of our organic analyst group.

Dr. Willi Gujer is the head of our engineering science department and a lecturer at the Swiss Federal Institute of Technology.

Mrs. Eva Molnar is a collaborator in our chemistry department.

Dr. Raffaele Peduzzi is a fish pathologist in our fisheries science department and a lecturer at the University of Geneva.

*Editor:*

D. Stickelberger is the Deputy Head of EAWAG's International Reference Centre for Wastes Management (JRC/WHO).