

Comportement des bactéries fécales dans les boues activées d'une station d'épuration

Autor(en): **Boéchat-Mauley, Claude-Alexandrine / Aragno, Michel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **105 (1982)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-89180>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

COMPORTEMENT DES BACTÉRIES FÉCALES DANS LES BOUES ACTIVÉES D'UNE STATION D'ÉPURATION

par

CLAUDE-ALEXANDRINE BOÉCHAT-MAULEY et MICHEL ARAGNO

AVEC 5 FIGURES ET 3 TABLEAUX

INTRODUCTION

La tâche principale des stations d'épuration (STEP) est encore, à l'heure actuelle, la réduction de la teneur en matières organiques de l'eau usée; le cours d'eau ou le lac qui reçoivent l'effluent de la STEP pourront ainsi, par des mécanismes biologiques naturels, compléter cette épuration sans dommage pour leur propre équilibre. En revanche, depuis plus de dix ans, plusieurs auteurs ont mis en évidence l'incapacité des STEP à retenir les microorganismes pathogènes. LECLERC (1971) et BLOOM et *al.* (1958) tendent à montrer qu'il existe autant de chances de trouver des Salmonelles dans l'effluent que dans l'affluent. Au contraire, KAMPELMACHER et van NOORLE JANSEN (1970) et YAZIZ et LLOYOL (1978) observent respectivement une diminution de 92% et 99,8% de ces germes.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'influence de la phase biologique d'épuration de la STEP de Neuchâtel sur les populations de certains groupes de bactéries fécales (coliformes et entérocoques) et sur les Salmonelles, bactéries pathogènes responsables de gastroentérites et des fièvres typhoïdes. Nous avons également tenté de mettre en évidence les phénomènes susceptibles d'influencer la densité des populations de ces bactéries au cours des processus d'aération et de décantation des boues activées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Choix d'une station d'épuration. L'étude qui suit a été réalisée à la station d'épuration des eaux de Neuchâtel. Ce choix a été motivé par la proximité des laboratoires et par le fait qu'aucune modification dans le traitement de l'eau n'avait été prévue pendant la durée du travail. Dans cette station, l'épuration biologique se fait par la méthode des boues activées, dans un bassin combiné de type Oxycontact T2 (Degrémont) (MOLLIA 1970). L'eau à épurer provient d'un bassin de décantation primaire, et un traitement de déphosphatation par précipitation au FeCl_3 est appliqué en tête de l'épuration biologique.

Prélèvement des échantillons. Afin que les échantillons analysés soient représentatifs d'une teneur journalière moyenne, les prélèvements sont effectués en continu sur une période de 24 heures, au moyen d'une pompe péristaltique, et stockés dans

une armoire frigorifique. De tels prélèvements ont lieu d'une part à l'entrée du bassin biologique, dans le canal en provenance du décanteur primaire, et d'autre part à la sortie, au niveau des rigoles d'évacuation de l'eau épurée.

Technique d'analyse bactériologique. La numération des bactéries indicatrices de contamination fécale (coliformes et entérocoques) est faite sur des membranes filtrantes de nitrate de cellulose, avec une porosité de $0,7\mu\text{m}$ (Millipore HCWG 047 SI). Vu la teneur élevée des eaux usées en germes fécaux, des dilutions-suspensions décimales de l'échantillon initial sont effectuées, les comptages étant faits si possible à partir de membranes présentant 30 à 300 colonies. Les milieux sélectifs et différentiels suivants sont employés: pour les coliformes, le m-Endo agar LES (Difco); pour les entérocoques, le m-Enterococcus agar (Difco). Les milieux sont répartis à raison de 9 ml par boîte de Petri de 5 cm de diamètre. Le nombre de colonies positives est établi après 3 jours d'incubation à 37°C .

La numération des germes saprophytes aérobies se fait par mise en culture de dilutions de l'échantillon dans de la gélose nutritive (Nutrient Agar, Difco) fondue et maintenue en surfusion à 45°C , en boîte de Petri de 9 cm de diamètre. Le comptage est réalisé après 3 et 10 jours d'incubation à 20°C .

Aucune méthode de routine n'est disponible pour la numération des Salmonelles dans les eaux. Celle qui a été mise au point dans le cadre de ce travail, inspirée de celle de COETZE et PRETORIUS (1965), utilise le principe du nombre le plus probable («most probable number», MPN) appliqué à des milieux d'enrichissements inoculés par des dilutions-suspensions de l'échantillon original (POCHON et TARDIEUX 1962). Il est ensuite nécessaire de confirmer la présence de Salmonelles dans chaque tube de culture en procédant à leur isolement sur milieu sélectif et différentiel, puis à des tests biochimiques et sérologiques de détermination et de confirmation. Le milieu d'enrichissement choisi est le bouillon au tétrathionate (Difco) additionné de 40 mg/l de novobiocine (BUTTIAUX et CATSARAS 1961) (antibiotique éliminant les membres du genre *Proteus*). Il est réparti à raison de 5 ml par tube, cinq tubes étant inoculés pour chaque dilution-suspension. Les cultures sont incubées 48 heures à 43°C (LECLERC et al. 1970). Deux milieux sont utilisés pour l'isolement: la gélose citratée au désoxycholate et au lactose (DCL) (Institut Pasteur Production) (HYNES et al. 1945) et la gélose au vert brillant, modifiée (Oxoid). Après incubation 24 heures à 37°C , les colonies suspectes sont soumises à deux tests préliminaires: cytochrome-oxydase (languettes PATHOTEC CO) et réduction des nitrates en nitrites. Les souches négatives pour le premier et positives pour le second sont ensuite déterminées sur la base des tests d'identification API 10 (API SYSTEM). La confirmation sérologique est effectuée au moyen d'antibiotiques polyvalents I et II (Behringwerke, Marburg, RFA).

La température, à l'entrée et à la sortie de la STEP, est mesurée au moyen d'un thermomètre à réservoir. Le pH est mesuré au moyen d'un pH-mètre portatif. La mesure de l'oxydabilité est effectuée selon la méthode au permanganate (Département fédéral de l'intérieur, 1969). La mesure de l'oxygène dissous est faite selon la méthode de Winkler (Département fédéral de l'intérieur, 1969). La demande biologique en oxygène après 5 jours (DBO_5) est mesurée au moyen d'un appareil «Sapromat» (Voith, Munich, RFA).

Préparation des tubes à dialyse. Les tubes à dialyse (mod. Kalle, 40 mm de diamètre, 30 cm de long) sont soumis au traitement suivant: ébullition pendant 15 minutes dans NaOH 1M; deux rinçages à l'eau distillée; ébullition pendant 15 minutes dans une solution de 5% d'EDTA + 10% de NaHCO_3 ; ébullition pendant 15 minutes dans NaOH 1M; ébullition (2-3 fois) dans de l'eau distillée; rinçage à l'eau distillée jusqu'à pH neutre. Ils sont ensuite conservés à 4°C dans l'eau distillée. Avant leur utilisation, ils sont stérilisés par autoclavage 15 minutes à 120°C .

RÉSULTATS

Etude quantitative de l'effet de l'épuration biologique sur les populations de bactéries fécales

Deux séries de mesures ont été réalisées, l'une durant la saison froide, du 5 au 12 février 1980, l'autre à une période plus chaude de l'année, du 27 mai au 3 juin 1980. Chaque série comportait des analyses quotidiennes d'échantillons prélevés en continu pendant 24 heures, 8 jours consécutivement, de façon à étudier un cycle hebdomadaire.

A l'intérieur de ces périodes, les paramètres physico-chimiques analysés étaient relativement stables (tableau I), leurs écarts étant typiques des variations enregistrées normalement dans un cycle hebdomadaire. Aucun phénomène exceptionnel (précipitations anormalement fortes, blocage) ne s'est produit. Les résultats obtenus sont donc le reflet du fonctionnement normal de la STEP.

TABLEAU I

Variations des paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie du bassin biologique

		Du 5 au 12.2.80		Du 27.5 au 3.6.80	
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Température (° C)	entrée	9,0-11	9,9	11,5-14,5	13
	sortie	9,5-10,5	10	12,5-15	14
pH (- log [H ⁺])	entrée	7,5-8,1	7,7	7,0-7,7	7,5
	sortie	7,2-8,0	7,3	7,1-7,4	7,2
KMnO ₄ mg/l	entrée	111-253	178	158-308	232
	sortie	51-60	54	32-77	53
oxygène dissous mgO ₂ /l	entrée	0,21-1,37	0,8	0,59-1,76	1,25
	sortie	2,17-8,6	3,39	3,96-6,34	5,13
DBO ₅ mgO ₂ /l	entrée	49-129	91	103-141	
	sortie	9,4-69,7	22	5,3-27,7	

TABLEAU II

Arrivée et rejet quotidiens moyens des bactéries fécales dans le bassin biologique

<i>Essais du 5 au 12 février 1980</i>	Arrivée	Rejet
Coliformes / 100 ml	7.500.000	160.000
Entérocoques / 100 ml	275.000	5.000
Salmonelles / 100 ml	quelques centaines	quelques unités
<i>Essais du 27 mai au 3 juin 1980</i>		
Coliformes / 100 ml	1.500.000	88.000
Entérocoques / 100 ml	180.000	5.000
Salmonelles / 100 ml	quelques centaines	quelques unités

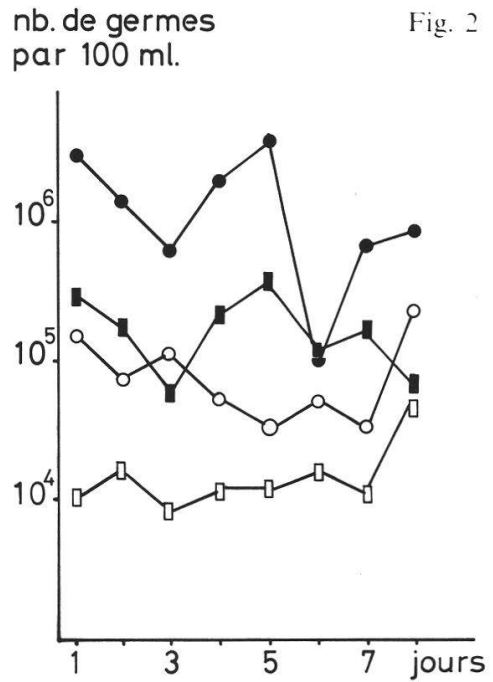
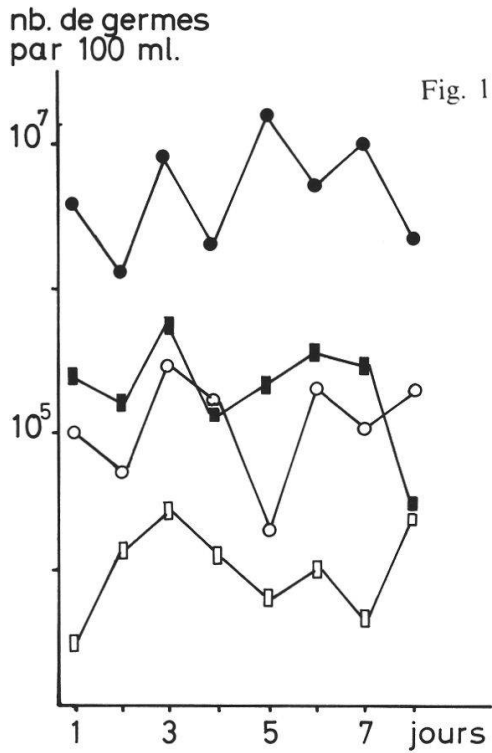


Fig. 1 et 2. Evolution du nombre des coliformes et des entérocoques à l'entrée et à la sortie du bassin biologique.

Figure 1: du 5 au 12 février 1980

Figure 2: du 27 mai au 3 juin 1980

- entrée coliformes
- sortie coliformes
- entrée entérocoques
- sortie entérocoques

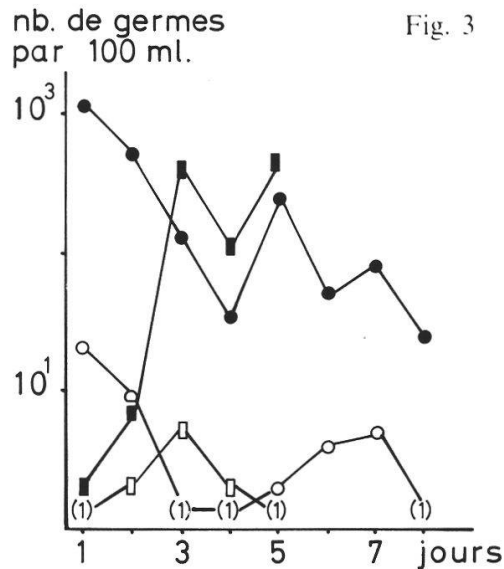


Fig. 3. Evolution du nombre des *Salmonella* à l'entrée et à la sortie du bassin biologique.

- entrée du 5 au 12 février 1980
- sortie du 5 au 12 février 1980
- entrée du 27 mai au 3 juin 1980
- sortie du 27 mai au 3 juin 1980

(1) nb de germes inférieur à la limite de sensibilité de la méthode utilisée (<2 germes/100 ml)

Pour les bactéries fécales, les résultats de nos mesures montrent dans tous les cas une nette diminution entre l'entrée et la sortie du bassin d'épuration biologique (fig. 1 et 2), bien que le taux de diminution varie parfois considérablement. L'effet sur les Salmonelles (entre mille et dix mille fois moins abondantes que les coliformes) est même plus prononcé (fig. 3).

Ces résultats nous ont permis d'estimer, pour les deux périodes de mesure considérées, l'arrivée quotidienne moyenne de chaque groupe considéré, ainsi que le rejet quotidien moyen. Ces valeurs sont données au tableau II.

Caractérisation des Salmonelles isolées

Lors de nos essais sur les Salmonelles, 88 souches ont été isolées, dont 87 étaient typiques. La détermination des sérotypes a été effectuée par l'Institut suisse des Salmonelles, à Berne. Les sérotypes obtenus et leur fréquence sont indiqués au tableau III.

TABLEAU III

Fréquences des sérotypes de Salmonella isolés de la STEP de Neuchâtel

Sérotypes	Fréquence
<i>S. agona</i>	55%
<i>S. heidelberg</i>	21%
<i>S. typhimurium</i>	10%
<i>S. brandenburg</i>	5%
<i>S. panama</i>	5%
<i>S. paratyphi B</i>	2%
<i>S. enteritidis</i>	2%

Recherche des causes de la diminution des bactéries fécales au niveau du bassin biologique

A priori, cinq groupes de facteurs pourraient jouer un rôle déterminant dans la forte diminution des bactéries fécales observée entre l'entrée du bassin biologique et la sortie des eaux épurées. Des conditions physico-chimiques défavorables (température, pH, teneur en oxygène, présence de substances toxiques) pourraient inhiber spécifiquement les bactéries fécales. L'abaissement de la concentration des substrats nutritifs par les bactéries des boues activées pourrait se faire au-dessous de la limite requise par les bactéries fécales pour assurer leur énergie de maintenance; elles seraient alors éliminées par concurrence. La présence de prédateurs (p. ex. Vorticelles) ou de parasites (*Bdellovibrio*, bactériophages) pourrait abaisser plus ou moins spécifiquement certaines populations. Enfin, en étant incorporées dans les floccs bactériens des boues activées, les bactéries fécales seraient entraînées par la sédimentation et ainsi retirées de l'effluent de la station.

Afin de déterminer l'influence respective de chacun de ces facteurs sur les bactéries fécales, nous avons étudié leur évolution en les enfermant

dans des tubes à dialyse, immergés dans la zone d'aération et dans la zone de décantation secondaire. Une méthode similaire a été utilisée par ELSTER *et al.* (1980) dans leur étude sur le phytoplancton du lac Balaton. Dans une première série d'essais, les tubes, préalablement stérilisés, sont remplis d'une suspension diluée de cellules provenant d'une culture pure d'une souche d'*Escherichia coli*, resp. d'une souche de *Salmonella agona*; ces souches ont été isolées précédemment des eaux du même bassin biologique. Le milieu de suspension est prélevé dans l'effluent de la STEP et stérilisé par autoclavage. Dans ces conditions, seuls les facteurs physico-chimiques et la concentration des substrats nutritifs peuvent agir sur la population bactérienne à l'intérieur du tube. Celle-ci n'est en revanche pas soumise aux effets de la prédation, du parasitisme et du piégeage par floculation. Plusieurs tubes contenant une même suspension sont immergés simultanément, à une profondeur de 1 à 1,7 m. Chaque jour, on retire un tube et on compte le nombre de cellules vivantes (correspondant aux colonies développées dans une gélose nutritive inoculée à partir d'une suspension-dilution appropriée du contenu de tube à dialyse). L'évolution quantitative de la population est ainsi suivie pendant plusieurs jours consécutifs. Durant ces essais, la température de l'eau s'est maintenue entre 12 et 14° C (entre le 23 et le 28 juin) et entre 14 et 17° C (du 30 juin au 7 juillet). Le pH était stable: $7,5 \pm 0,2$ dans la zone d'aération, et $7,4 \pm 0,2$ dans la zone de décantation.

Les résultats (fig. 4) montrent que la population fluctue entre une valeur minimale représentée par la quantité de germes dans la suspension initiale et une valeur maximale atteinte après 1 à 2 jours. L'écart entre ces deux valeurs ne dépasse pas un ordre de grandeur. La population bactérienne dans les tubes reste donc relativement stable, et montre tout au plus des fluctuations irrégulières, tantôt positives, tantôt négatives.

Dans une deuxième série d'essais, les tubes à dialyse sont remplis du fluide même dans lequel ils seront immergés: boue activée dans les tubes placés dans la zone d'aération, et eau épurée dans ceux qui baignent dans la zone de décantation. La population étudiée est alors, non plus une culture pure, mais un échantillon de celle du milieu dans lequel plongent les tubes à dialyse. Les bactéries seront alors soumises, en plus des facteurs physico-chimiques et nutritionnels, aux prédateurs et aux parasites présents dans l'échantillon. En revanche, l'élimination par floculation n'interviendra pas, le contenu des tubes étant remis en suspension avant la mise en culture. Comme dans les essais précédents, l'évolution de la population a été suivie pendant plusieurs jours consécutifs. Les analyses ont porté sur les bactéries coliformes, les entérocoques et les bactéries «saprophytes» (engendrant des colonies en 10 jours sur la gélose nutritive). Les essais ont été réalisés du 18 au 26 novembre 1980, le pH ($7,3 \pm 0,1$ dans la zone de décantation et $7,2 \pm 0,07$ dans la zone d'aération) et la température (entre 13,5 et 15° C) sont restés stables pendant toute la durée de l'expérience.

Les résultats (fig. 5) font apparaître un comportement assez voisin des deux populations étudiées. Dans la zone d'aération, elles commencent à s'accroître pendant 1 à 2 jours, avant de présenter des variations irrégulières. Dans la zone de décantation, elles présentent également une croissance

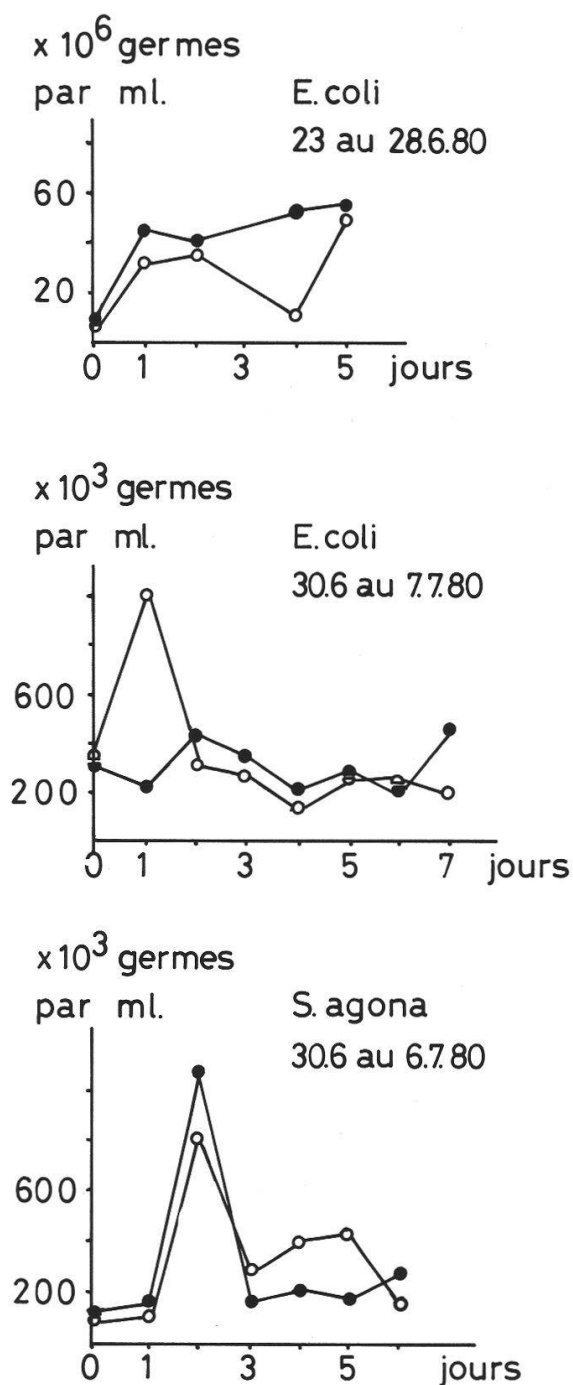


Fig. 4

Fig. 4. Evolution de cultures pures d'*E. coli* ou de *S. agona* enfermées dans des tubes à dialyse placés dans les zones d'aération et de décantation du bassin biologique.

- zone d'aération
- zone de décantation

Fig. 5. Evolution des bactéries fécales et des saprophytes dans des échantillons de boues activées et d'eau épurée enfermées dans des tubes à dialyse placés dans la zone d'aération et dans la zone de décantation du bassin biologique.

- coliformes dans 100 ml
- entérocoques dans 100 ml
- ▲ saprophytes dans 1 ml

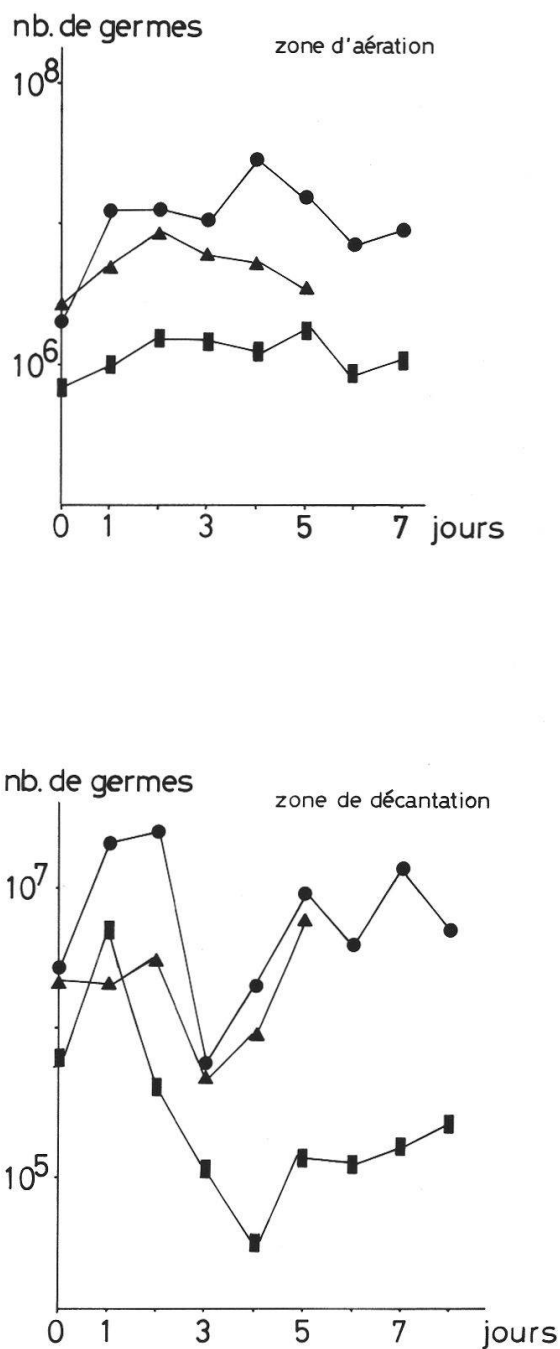


Fig. 5

initiale, avant d'amorcer une chute brutale, atteignant leur densité la plus basse après 3 à 4 jours. La croissance reprend ensuite, avec des oscillations irrégulières.

DISCUSSION

La comparaison des analyses effectuées à l'entrée et à la sortie des bassins d'épuration biologique, en février et en mai-juin, montre que ceux-ci, outre leur effet sur l'abaissement de la charge organique de l'eau usée, permettent d'éliminer la plus grande partie des bactéries d'origine fécale. Le taux d'élimination, en moyenne d'un ordre de grandeur pour les coliformes et les entérocoques, atteint deux ordres de grandeur pour les Salmonelles. Ce résultat est en lui-même réjouissant. On peut néanmoins se demander ce qu'il est advenu des bactéries ainsi éliminées. Soumises au seul effet de l'environnement physico-chimique et des substrats nutritifs dissous dans l'eau en cours d'épuration, des populations pures de bactéries ne manifestent pas de diminution comparable à ce qui a été constaté entre l'entrée et la sortie des bassins. Ceci est d'autant plus clair que le temps de rétention hydraulique des eaux usées dans la station est faible, cinq heures environ. Or, durant le premier jour, nous avons toujours constaté, soit la stabilité, soit une augmentation du nombre de germes. Lors des essais en tubes à dialyse avec des boues activées et des eaux décantées, les prédateurs et parasites du milieu étaient aussi introduits dans les tubes immergés. Il est possible que les fortes baisses de population enregistrées après 1 à 2 jours d'incubation soient dues à leur effet. Mais ici aussi, durant le premier jour, nous avons constamment observé une augmentation du nombre de germes. Dans ces derniers essais, le seul facteur n'agissant pas sur les populations bactériennes dans les tubes à dialyse est la sédimentation, leur contenu étant remis en suspension, par une agitation vigoureuse, avant la mise en culture. Le seul effet de la floculation dans le tube à dialyse pourrait être de faire adhérer plusieurs germes à la même particule, ceux-ci engendreraient alors une seule colonie à l'analyse. Au vu de ces résultats, il est donc très vraisemblable que le captage des bactéries fécales par le floc bactérien des boues activées, suivi d'un entraînement par sédimentation dans les boues décantées, est la cause principale de leur forte diminution lors du processus biologique. En outre, un traitement de déphosphatation par précipitation au moyen de FeCl_3 est effectué en tête des bassins biologiques. L'effet du précipité de phosphate ferrique obtenu s'ajoute à celui du floc bactérien, ce qui ne peut qu'améliorer l'élimination des bactéries fécales. Il faut noter que les stations dans lesquelles aucune diminution des bactéries fécales n'a été observée (LECLERC 1971) ne pratiquaient probablement pas de déphosphatation en amont des bassins biologiques.

Il est clair, en revanche, que les bactéries fécales et les Salmonelles ainsi éliminées vont se retrouver concentrées dans les boues sédimentées. Celles-ci étant, à Neuchâtel, traitées à haute température, les boues déshydratées sortant de la STEP ne représentent donc pas une source d'organismes

pathogènes. Le seul risque potentiel pourrait se trouver au niveau des traitements appliqués aux boues en amont du traitement thermique. Une étude sur le devenir des bactéries fécales dans les boues devrait être entreprise, particulièrement au niveau des stations dans lesquelles un traitement thermique n'intervient pas, et surtout si les boues sont utilisées comme amendement agricole (HESS 1979).

En conclusion, une station d'épuration du type de celle de Neuchâtel permet d'éliminer de la phase aqueuse, dans une large proportion, les bactéries d'origine fécale et entéro-pathogènes. Cette élimination est probablement due à l'entraînement de celles-ci par floculation et sédimentation. Le traitement de déphosphatation au FeCl_3 , appliqué en tête des bassins biologiques ne peut que renforcer cet effet.

Remerciements

Nous exprimons ici notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce travail, et en particulier:

— M. R. Stettler, directeur du laboratoire des Eaux de la Ville de Neuchâtel, qui nous a proposé ce sujet d'étude et qui s'y est intéressé tout au long de sa réalisation. Une part importante des manipulations a été effectuée dans son laboratoire;

— M^{lle} F. Rosselet, sa collaboratrice, qui nous a apporté une aide technique précieuse;

— M. G. Vaucher, chef de la STEP de Neuchâtel, et ses collaborateurs qui nous ont prêté leur concours durant les essais effectués à la STEP;

— M^{me} Pokorni, du Service cantonal de l'environnement, qui a mis à notre disposition l'appareil «Sapromat».

Résumé

Les nombres de germes fécaux et de Salmonelles diminuent fortement entre l'entrée et la sortie des bassins biologiques de la station d'épuration de Neuchâtel. Par une étude au moyen de suspensions bactériennes introduites dans des tubes à dialyse plongés dans les bassins, les auteurs montrent que cette diminution est due principalement à l'effet de la floculation et de la sédimentation. Cet effet est probablement renforcé par la précipitation des phosphates au moyen de chlorure ferrique.

Zusammenfassung

Keimzahlen von Fekalbakterien und Salmonellen nehmen während des Klärschlammprozesses in der Kläranlage von Neuchâtel stark ab. Versuche mit Bakterien suspensionen in Dialysieröhren, die in die Gefässe hineingetaucht werden, zeigen, dass die Abnahme meistens durch Flockbildung und Ablagerung vorkommt. Dieser Effekt ist wahrscheinlich durch die Phosphatfällung mit Eisenchlorid verstärkt.

Summary

Numbers of fecal bacteria and of *Salmonella* are strongly lowered during activated sludge process in the waste water plant of Neuchâtel (Switzerland). Experiments with bacterial suspensions in dialysis bags immersed in the basins show that the decrease results mainly from flocculation and sedimentation. This effect is probably improved by phosphate precipitation through addition of ferric chloride.

BIBLIOGRAPHIE

- BLOOM, H.H., MACK, W.W. and MALLMANN, W.L. — (1958). Enteric viruses and *Salmonellae* isolation. *Sewage and Ind. Wastes* 3: 1455-1560.
- BUTTIAUX, R. et CATSARAS, M. — (1961). Le milieu au tétrathionate additionné de Novobiocine pour l'enrichissement des *Salmonelles* des matières fécales. *Ann. Inst. Pasteur Lille* 12: 13-18.
- COETZE, O.J. and PRETORIUS, T. — (1965). A quantitative determination of *Salmonella typhi* in sewage and sewage effluents. *Publ. Health* 1965: 415-417.
- DÉPARTEMENT FÉDÉRAL DE L'INTÉRIEUR. — (1969). Directives concernant le prélèvement d'échantillons d'eau et les méthodes d'analyse (première partie). 66 pp.
- ELSTER, H.J. and OHLE, W. — (1980). The use of dialyzing sacks in estimation of production of bacterioplankton and phytoplankton. *Arch. Hydrobiol.* 89 (4): 474-482.
- HESS, E. — (1979). L'urgence de «l'hygiénisation» de la boue d'épuration et sa réalisation en pratique. *Comm. journées d'information à l'intention des chefs des services cantonaux de la protection des eaux, Mürren.*
- HYNES, M. — (1945). In: Handbook of Practical Bacteriology, 7^e éd. MACKIE, T.J. and McCARTNEY, E.S., Livingstone, Edimbourg, 661-663.
- KAMPELMACHER, E.H. and van NOORLE JANSEN, L.M. — (1970). *Salmonella*. Its presence and removal from a wastewater system. *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 42: 2069-2073.
- LECLERC, H. — (1971). Les microorganismes pathogènes des eaux résiduaires: évolution au cours des traitements d'épuration. *T.S.M. - l'Eau* 66: 389-400.
- LECLERC, H., CATSARAS, M. et MIZON, F. — (1970). Sur l'isolement des *Salmonella* dans les milieux fortement pollués. I. Etudes préliminaires sur des eaux contaminées expérimentalement. *Ann. Inst. Pasteur Lille* 21: 263-276.
- MOLLIA, L. — (1970). Plaquette inaugurative de la station d'épuration des eaux usées de Neuchâtel.
- POCHON, J. et TARDIEUX, P. — (1962). Technique d'analyse en microbiologie du sol. *Coll. «Tech. de Base»* 108 pp.
- YAZIZ, M.F. and LLOYOL, B.J. — (1979). The removal of *Salmonellas* in conventional sewage treatment process. *J. Appl. Bact. London* 46: 131-142.

Adresse des auteurs:

Laboratoire de microbiologie, Institut de botanique, case postale 2, CH-2000 Neuchâtel 7.