Le chenal d'oxydation à faible charge pour l'épuration des eaux usées de Versvey près d'Yvorne

Autor(en): **Randin, J.-D.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **92 (1966)**

Heft 5

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-68345

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

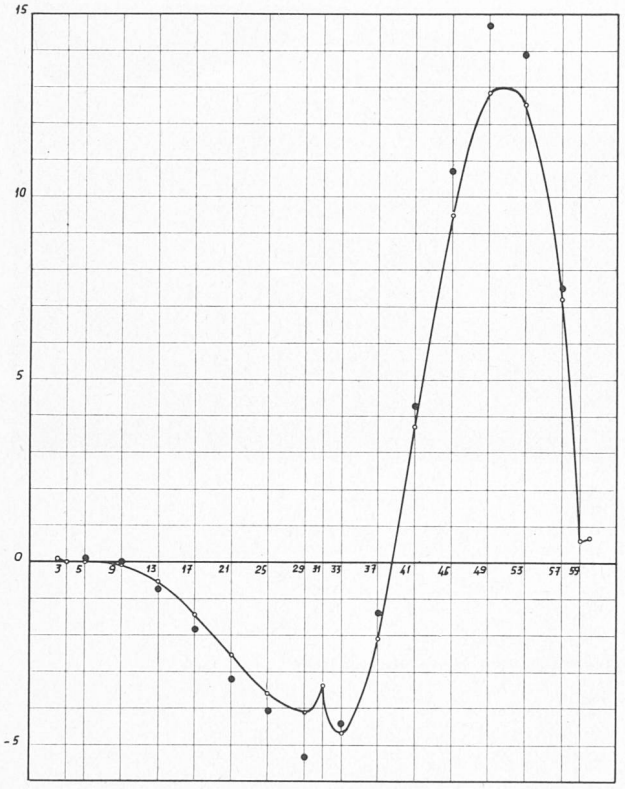

Fig. III.12. — Moments M_x, en tm, le long de la ligne 12 (cf. fig. III.7).

□ Valeur calculée.
■ Valeur mesurée.

BIBLIOGRAPHIE

La numérotation renvoie au texte.

[1] H. Marcus : *Die Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung auf die Berechnung biegsamer Platten.* Springer, Berlin, 1923.

[2] M. Engeli, Th. Ginsburg, H. Rutishauser, E. Stiefel : *Refined Iterative Methods for Computation of the Solution and the Eigenvalues of Self-Adjoint Boundary Value Problems.* Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik, Nr. 8. Zürich, 1959.

[3] Ch. Blanc : *Résolution de problèmes de statique sur une calculatrice automatique.* Institut de mathématiques appliquées EPUL. Rédaction interne. Décembre 1961.

[4] H. Favre : 1. Contribution à l'étude des plaques obliques. *Schweizerische Bauzeitung*, juillet et août 1942.
2. Le calcul des plaques obliques par la méthode des équations aux différences. *Mémoires de l'Association internationale des ponts et charpentes.* Vol. 7, Zurich, 1943/44.

[5] H. Favre : *Cours de mécanique*, tome III. Chapitres choisis. Zurich, 1949.

[6] S. Timoshenko : *Théorie des plaques et des coques.* Béranger, Paris, 1951 (trad. de l'édition anglaise de 1940).

[7] L. Bolle : *Contribution au problème linéaire de flexion d'une plaque élastique.* Publication nº 2 de l'EPUL, 1947. (Tirés à part du *Bulletin technique de la Suisse romande*, numéros des 11 et 25 octobre 1947.)

[8] I. S. Sokolnikoff : *Mathematical theory of elasticity.* Mc Graw-Hill Book Company, 1946.

[9] P. Dubas : *Calcul numérique des plaques et des parois minces.* Zurich, Leemann, 1955. (Publication nº 27 de l'Institut de statique appliquée EPF.)

LE CHENAL D'OXYDATION À FAIBLE CHARGE POUR L'ÉPURATION DES EAUX USÉES DE VERSVEY PRÈS D'YVORNE

628.356.41 g

par J.-D. RANDIN, ingénieur EPUL, chef de la Section Génie Sanitaire de la Compagnie d'Etudes de Travaux Publics S.A

Introduction

Si l'on voulait scinder rigoureusement le canton de Vaud en zones plus ou moins touchées par la pollution des eaux, des analyses chimiques et des statistiques complexes seraient nécessaires. Non seulement ce travail ne se ferait que très lentement, mais encore le résultat final serait faussé par les évolutions inattendues de la pollution. Il est donc vain de vouloir procéder à une pareille enquête sur l'ensemble du territoire cantonal.

Un autre critère de classement consisterait à définir les densités de population fictive ou équivalente, qui tiennent compte d'une part des habitants réels et d'autre part de chiffres d'équivalents-habitants provenant des industries ; la carte du canton serait ainsi couverte de taches limitant :

— les bassins de grave pollution à caractère d'urgence ;
— d'autres bassins où la pollution latente n'est pas encore menaçante pour l'hygiène de la population ;
— enfin des zones rurales à faible densité de population où la pollution passe encore inaperçue.

De nouveau, cette statistique s'est révélée quasiment impossible à établir, parce que les zones de pollution ne dépendent pas que de la densité de population ou encore de la population « industrielle fictive » chiffrée en équivalents-habitants, mais surtout du pouvoir autoépurateur des lacs, des cours d'eau et des exutoires tels que la fosse à purin, l'étang ou le puits perdu.

Devant ces difficultés, l'Etat a établi une sorte de classement simplifié à l'extrême que l'on trouve dans l'article 61 du Règlement d'application de la loi sur la protection des eaux contre la pollution, du 26 décembre 1958, et qui précise les ordres d'urgence suivants, ne tenant pas compte des types d'exutoires à disposition :

— Toutes les communes de plus de 1500 habitants doivent être dotées d'installations collectives d'épuration pour le 31 décembre 1963.
— Toutes les communes ayant moins de 1500 habitants doivent être dotées d'installations collectives d'épuration pour le 31 décembre 1968.

En appliquant à la lettre ces dispositions, on voit qu'il n'est plus question de densité de population équivalente à une charge de pollution, mais bien d'une population globale communale.

Conformément au règlement d'application, plusieurs études furent menées à chef, certaines ayant été suivies de réalisations :

— Les grandes communes (plus de 1500 habitants) à population dense et à territoire peu étendu résolurent leur problème d'épuration ou sont en train de le résoudre moyennant prolongation du délai imparti.

— Les grandes communes à population disséminée ou répartie en plusieurs agglomérations se virent prolonger leur délai jusqu'en 1968, avec possibilité de grouper plusieurs villages ou de les traiter séparément.

— Des associations de communes situées dans un bassin versant ou ayant un intérêt commun à se grouper ont vu le jour. Elles ont fait l'objet de passablement de débats et de discussions dont la presse a abondamment parlé.

— D'autres petites communes n'ont pas attendu jusqu'à ce jour pour se décider et ont réalisé leur station d'épuration avant le délai imparti. Ce zèle est heureux, puisque c'est la population elle-même qui, la première, profite de l'amélioration des conditions d'hygiène des alentours.

Tel fut donc le cas pour le petit village de Versvey, rattaché au territoire communal d'Yvorne, mais éloigné de deux kilomètres de son chef-lieu. Profitant d'une réfection des rues du village, on avait eu la sagesse de faire raccorder les eaux usées dans un réseau indépendant et séparé du réseau de canalisations d'eaux de surface. Lors de la construction de la station d'épuration, il n'y eut qu'à raccorder la canalisation d'égouts sur l'ouvrage d'entrée et à raccorder l'ouvrage de sortie de l'effluent à une canalisation principale du réseau de drainage de la Plaine du Rhône aboutissant au Grand-Canal.

I. Conditions et cahier des charges

Le terrain, absolument plat, mis à disposition pour la station d'épuration n'était pas limité en superficie. Sur la base d'un sondage, la nappe phréatique fut repérée à 1,50 m de profondeur ; sous une couche d'humus de 20 à 30 cm, on trouvait un sable fin compact et homogène, de couleur claire, puis au niveau de la nappe un limon également serré, mais plus foncé.

Entre la cote d'arrivée de l'égout et la cote de départ de l'effluent, une chute de 40 cm seulement était à disposition.

La population actuelle de Versvey ne dépasse pas 100 à 120 habitants, y compris les saisonniers. Il fut admis de dimensionner les installations pour 200 équivalents-habitants, tenant compte d'une extension éventuelle. Dans des circonstances exceptionnelles de développement, un terrain avoisinant pourrait être disponible pour l'agrandissement de la station.

Les débits de base ont été fixés par le Service cantonal des eaux à 500 l/habitant/jour, ce qui donne un débit journalier de 100 m³ ou un débit horaire réparti sur 14 h. de 7,15 m³/heure. Par temps de pluie, il est admis que ce débit peut augmenter légèrement malgré le système séparatif, sans pour autant que du sable soit entraîné dans les canalisations.

Le taux de l'épuration n'était pas fixé de prime abord, mais on jugea préférable d'admettre des caractéristiques de l'effluent inférieur à 20 mg/l pour les matières en suspension et inférieur à 20 mg/l pour la DBO^5 (demande biochimique d'oxygène à 5 jours).

Quant aux frais d'exploitation, soit les frais de personnel, d'énergie et de petites fournitures diverses, ils devaient bien entendu être réduits au minimum ; il fallait également éviter l'utilisation de personnel spécialisé et une trop grande durée de surveillance. Autrement dit, on désirait que la station marche toute seule, presque automatiquement.

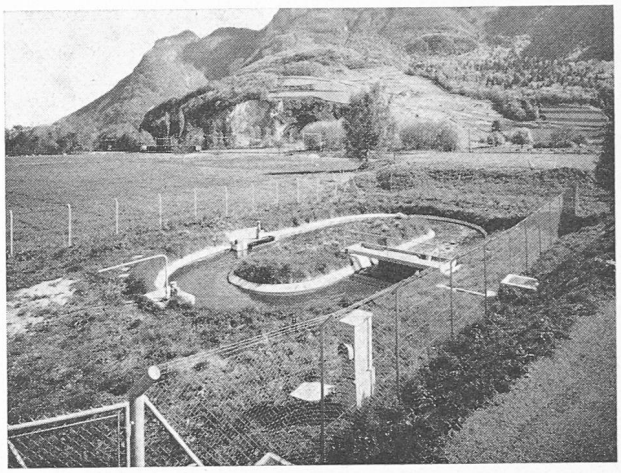

Fig. 1. — Vue d'ensemble.

A droite, le cylindre à cage ; à gauche, la pompe à boue ; au fond, le déversoir et les électrodes ; devant, l'armoire de commande automatique avec son thermostat.

II. Choix du type de station

Plusieurs types de stations auraient pu remplir les conditions du cahier des charges :

— *La station classique* avec décanteurs, lits bactériens ou boues activées et digesteur fut exclue d'emblée à cause du trop petit nombre d'habitants à traiter.

— *La station monobloc* nécessitait un repompage de la totalité de l'effluent, d'où une surveillance accrue avec risque de panne ou un doublage des pompes par mesure de sécurité.

— *La fosse Emscher* sur deux étages aurait dû être profondément enterrée pour éviter le repompage. En cas de forte charge, l'épuration mécanique que ce système réalise n'a qu'une efficacité réduite de 30 % sur le taux de pollution.

— *Le chenal d'oxydation à faible charge* garantissait un effluent parfait avec une DBO^5 inférieure à 20 mg/l et un minimum de boues à manœuvrer. Cependant le volume du génie civil semblait excessif, de même que la dépense en énergie pour l'aération.

— *Le chenal d'oxydation à forte charge ou activé* ne présente pas les inconvénients du précédent, mais, en revanche, il faut lui ajouter un décanteur secondaire. Il conviendrait mieux pour un nombre d'habitants un peu plus grand.

Analysant ces quelques variantes, le maître de l'œuvre, d'entente avec les techniciens, a finalement retenu le chenal d'oxydation à faible charge, dont la description fait l'objet des chapitres suivants. Il semble que c'est après avoir vu de telles installations fonctionner, sans surveillance surtout, que la décision fut prise. La simplicité de cette installation, qui n'est en fait qu'apparente, séduit le néophyte. (Fig. 1).

III. Construction et dimensions

Les travaux de génie civil débutèrent le 17 avril 1963 par l'aménagement d'une rampe d'accès au chantier, puis par la construction du chenal et des divers organes qui l'entourent tels que la fosse à boues et le déversoir avec la chambre à électrodes. L'ouvrage d'entrée et le canal by-pass furent ensuite adaptés pour réutiliser au mieux des canalisations existantes de l'égout du Collège de Versvey.

Le terrain mis à disposition mesure 55,00 m × 24,50 m, soit 1320 m², y compris deux talus inutilisables.

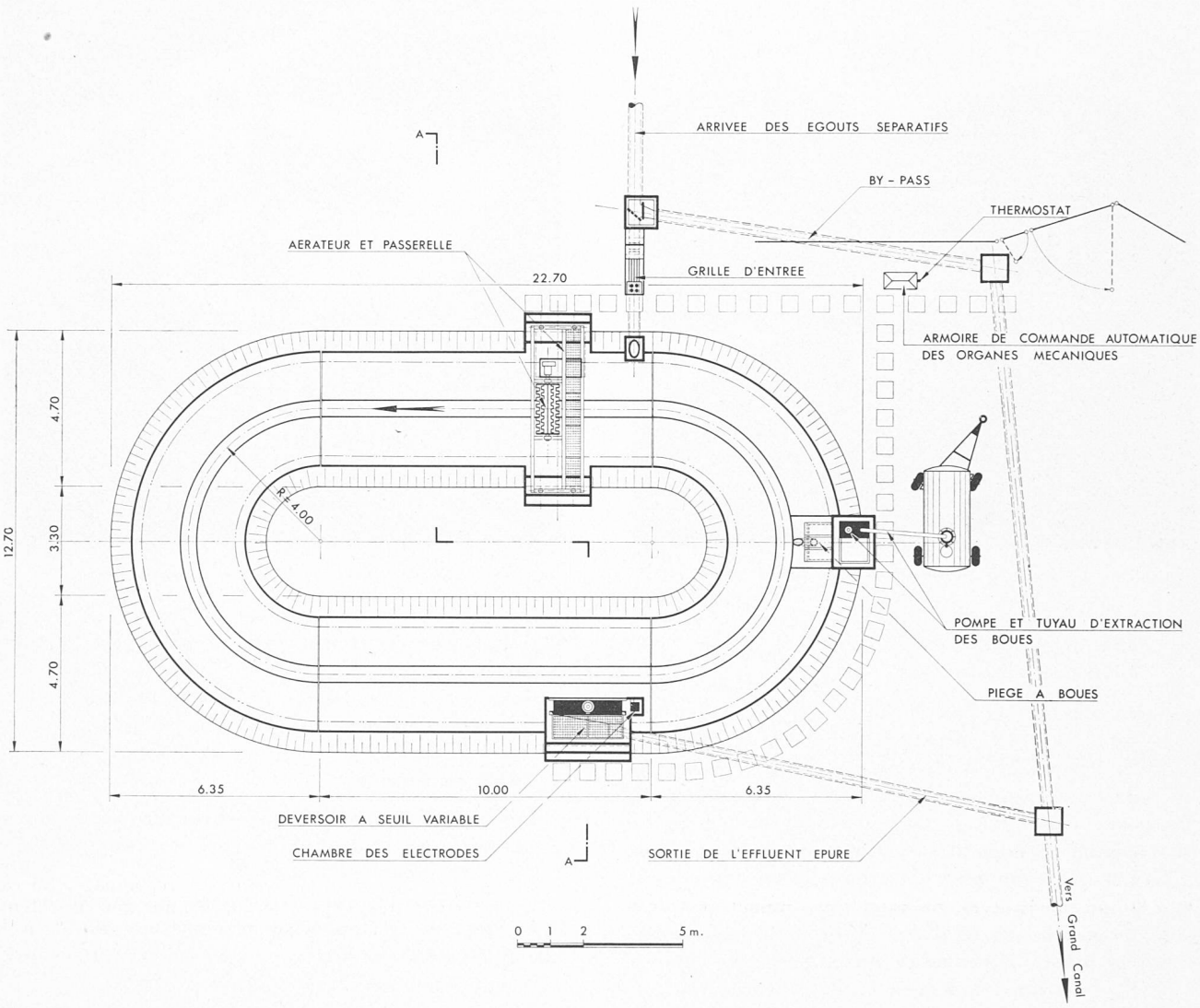

Fig. 2. — Schéma de l'installation en plan.

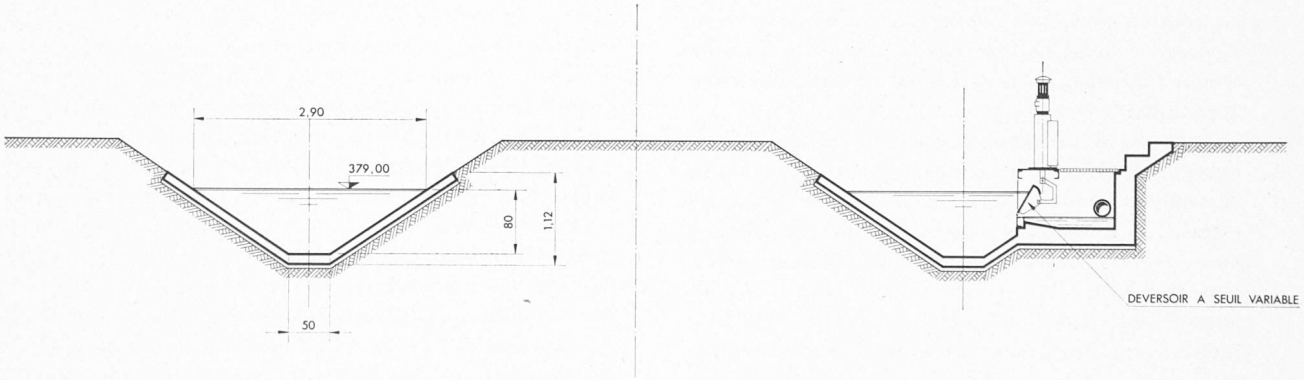

Fig. 3. — Coupe type du fossé.

Les figures 2 et 3 montrent les dimensions principales de la station. Le chenal mesure hors tout 22,70 m × 12,70 m et sa section utile est un trapèze de 2,90 m et 0,50 m de côtés et de 0,80 m de haut. Son volume utile est de 61 m³ ; la surface du plan d'eau mesure 134 m².

La pose des appareils mécaniques — cylindre à cage, déversoir, pompe à boue — eut lieu deux mois après le début des travaux de génie civil, soit au début de juillet 1963. Les raccordements électriques à l'armoire étanche de commande automatique furent exécutés en suivant.

Pendant ce temps, les travaux de génie civil pour la pose des canalisations de raccordement continuaient, de façon que le 15 novembre 1963 la station fut mise en eau, soit sept mois après le premier coup de pioche.

IV. Principe de fonctionnement

L'eau usée provenant du village arrive à l'entrée de la station. Elle suit deux cheminements possibles :

— d'abord en cas de dérangement, de révision ou d'essais, on peut lui faire emprunter le by-pass,

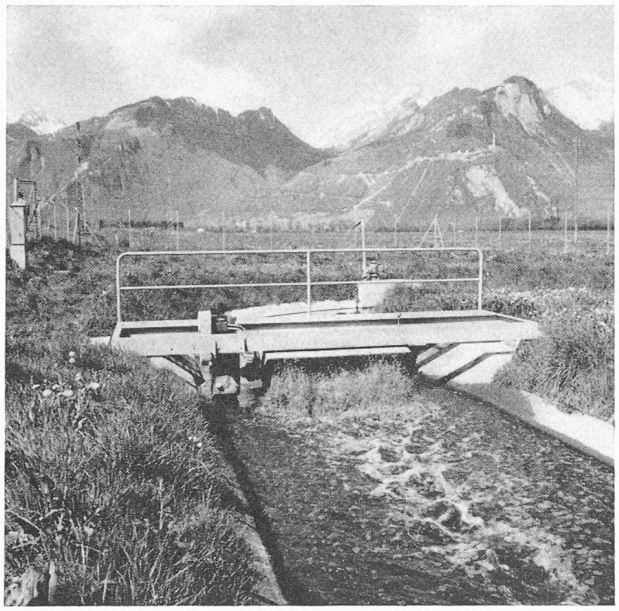

Fig. 4. — Cylindre à cage en marche ou aérateur.

Fig. 5. — Le déversoir et la boîte à électrodes.

afin qu'elle aille directement à l'exutoire sans épuration ni traitement ;

— en marche normale, l'eau usée pénètre dans un canal ouvert et étroit barré d'une grille grossière. Les gros déchets, tels que morceaux de bois et de tissus, os, sacs en plastique, balles d'enfants, etc., sont retenus. Le nettoyage de la grille incombe à l'opérateur-surveillant de la station. Lorsque l'eau usée entre dans le chenal, elle est soumise d'abord à *une aération*. Son débit, qui n'a pas besoin ici d'être ni mesuré, ni régularisé, fait monter le niveau de chenal fermé. Le cylindre à cage tourne sans cesse en battant la surface de l'eau et (fig. 4) remplit à la fois les rôles d'aérateur, de mélangeur et de broyeur. L'eau brute, mise en mouvement, se mélange à la boue activée. L'oxygène pulsé permet aux bactéries de consommer à leur aise le nouvel arrivage de nourriture organique.
Lorsque le niveau atteint une cote déterminée, le cylindre s'arrête et il vient ensuite une période de *décantation*, dont la durée peut être réglée après essais. En hiver, on la raccourcit à une demi-heure, pour que le bassin ne gèle pas, alors que normalement on s'en tient à une heure ou une heure trente. Les boues activées ayant cessé leur mouvement giratoire et manquant provisoirement d'oxygène descendent au fond du chenal et une eau transparente apparaît en stagnation complète à la surface.
Dans la troisième période de *déversement*, on assiste à l'« écrémage » du chenal grâce à un déversoir latéral qui, en s'abaissant lentement, laisse échapper une lame d'eau épurée dans une chambre de contrôle (fig. 5). Dès qu'une tranche d'eau bien déterminée est éliminée, le déversoir reprend sa position supérieure initiale et l'aération repart.

Il est prévu qu'un excès de boue oxydée ou neutralisée puisse être retiré du chenal lorsque la concentration de celle-ci dépasse une valeur limite. Mais à Versvey, la charge est trop faible pour le moment et toute la boue est minéralisée. Il n'y a donc pas besoin d'en extraire pour l'épandage ou le séchage. Le taux d'épuration n'en souffre pas, bien au contraire.

V. Mise en service

Les directives pour la mise en charge et les divers graissages ayant été scrupuleusement observées, l'opérateur-surveillant n'a pas tardé à s'apercevoir que la consommation de courant dépassait les prévisions.

Un réglage correspondant mieux au débit et à la charge de pollution effective était nécessaire, pour diminuer la consommation de courant.

Pendant le premier hiver, la formation de boue activée fut très lente, les jeunes bactéries, qui se reproduisent grâce à l'aération et aux déchets organiques qu'elles trouvent dans l'eau, étaient peu nombreuses et devaient consommer trop de nourriture ; d'où une surcharge temporaire et un gonflement. Après un certain temps, des protozoaires groupèrent les bactéries encore isolées et les éléments inorganiques pour former de véritables flocons de boues activées d'une couleur brun-terre. Cette boue ainsi s'alourdit et peut augmenter en quantité. Lorsqu'elle atteint 7,5 g de matières sèches par litre de contenu du chenal, on peut en soustraire une certaine quantité. Ce chiffre correspond à 350 ‰ de boue liquide dans le cône Imhoff après une demi-heure de décantation. Pour un fonctionnement optimum du chenal, il faudrait avoir en tout cas une concentration voisine de 3,6 g/l ou de 150 cm^3/l au minimum. A Versvey, ce pourcentage n'est pas encore atteint, raison pour laquelle on a vu qu'aucune boue ne peut être soutirée.

Il faut signaler aussi quelques difficultés dues au gel. Le déversoir a pu être protégé après coup au moyen de corps de chauffe logés dans ses faces latérales. L'enclenchement de ce chauffage est réglé automatiquement par thermostat. Le cylindre à cage est aussi quelquefois entouré d'une carapace de glace. Pour l'instant, il n'est pas protégé mais, pendant l'hiver, il faudrait le couvrir d'un toit et couper le plan d'eau afin d'empêcher les glaces flottantes d'atteindre ses pales. Le reste du chenal

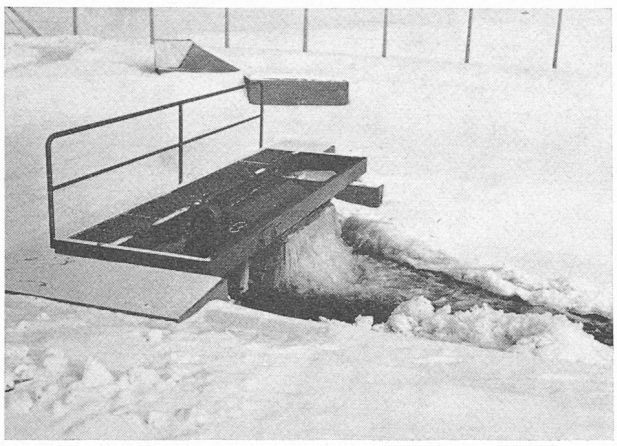

Fig. 6. — Chenal recouvert de glace et de neige.

peut être pris dans les glaces, sans que cela ne gêne en rien son bon fonctionnement (fig. 6).

Un petit incident, sans gravité, peut encore être mentionné : Pendant la période sèche de l'été 1964, quelle ne fut pas la surprise de constater que le chenal des boues activées avait été vidé complètement et que la pompe à boue avait été utilisée pour refouler sur le champ de tabac voisin les 61 m³ du bassin. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles aujourd'hui la concentration adéquate n'est pas encore atteinte.

VI. Contrôles et vérifications

Après plus d'une année de fonctionnement, plusieurs contrôles ou tests sont devenus nécessaires pour décerner le certificat d'aptitude de la station.

1. *Vérification des bases de calculs* ayant servi au dimensionnement de la station :

Le débit

L'intervalle de temps entre deux déversements pendant une journée type, soit entre 9 h. 10 et 16 h. 20 est de — 7 h. 10

Pour un volume évalué de 134 m² × 3,5 cm = — 4,7 m³

Débit réel corresp., $Q_{réel}$ = 4,7 m³ : 7,16 h = — 0,658 m³/h

Débit théorique de pointe calculé pour 200 habitants, Q_{TS} 14 = — 7,15 m³/h

Débit théorique réduit (pour 110 hab.), Q_{red} = — 3,94 m³/h

On constate que $Q_{red} = 6 \times Q_{réel}$.

Ce qui revient à dire, soit :

a) que le débit théorique unitaire (admis comme normes) de — 500 l/hab/j
n'est effectivement que de — 85 l/hab/j

b) que sur les 110 habitants effectifs du village, tous ne sont pas raccordés à l'égout et que plusieurs W.-C. se déversent encore dans les fosses à purin. Théoriquement, sur la base de 500 l/hab/j, seuls 19 habitants seraient raccordés, ce qui n'est pas possible ;

c) que les deux hypothèses extrêmes ci-dessus sont en partie réalisées simultanément : le débit théorique est trop élevé et tous les habitants ne sont pas raccordés. On supposera donc au mieux :
un débit unité de — 120 l/hab/j
pour un nombre d'habitants raccordés de — 80 habitants

La pollution (mesurée par la concentration de la DBO⁵)

Taux réel (moyenne de 10 heures) mesuré :
DBO⁵ à l'entrée — 109,59 mgO_2/l
correspondant à une charge (pour 80 habitants) DBO⁵ — 13 gO_2/hab/j
ou une charge totale de 13 g × 80 hab. — 1,04 kgO_2/j

Charge théorique admise pour une zone rurale DBO⁵ — 90 gO_2/hab/j

On constate que la charge théorique admise est trop grande également.

Les deux vérifications du débit et du taux de pollution ne permettent pas d'apporter une conclusion définitive, puisqu'elles n'ont été faites que sur la base de mesures prises en une journée type seulement.

Il eût fallu ou il faudrait encore reprendre ces mesures en hiver, en été ou pendant la nuit pour serrer le problème de plus près. Cependant les écarts assez grands obtenus permettent malgré tout d'affirmer que les normes appliquées pour Versvey sont trop larges, sans préciser de combien.

En effet, lorsque l'on sait que le village est équipé pour ses égouts en système séparatif et que d'autre part l'eau peut être rationnée en période de sécheresse, il n'est pas étonnant de retrouver un faible débit d'eau usée dans les égouts. Les gens ont probablement pris aussi l'habitude d'économiser l'eau. La littérature étrangère spécialisée donne d'ailleurs des ordres de grandeur identiques pour les débits d'eaux usées en zone rurale et agricole.

En revanche, en ce qui concerne la trop faible DBO⁵, on rappellera que certaines petites stations reçoivent entre 35 et 40 $gDBO_5$/hab/j, que Imhoff admet 54 g DBO⁵/hab/j et que dans les grandes villes suisses on atteindrait 75 g à 90 gDBO⁵/hab/j. A Versvey, il faut décidément convenir qu'avec 13 gDBO⁵/hab/j de moyenne seulement, les deux tiers au moins des matières polluantes ne sont pas déversées aux égouts, mais probablement utilisées dans les fosses à purin.

De toute manière, les deux vérifications ci-dessus montrent que la station est largement dimensionnée et qu'elle peut encore supporter une extension considérable du village.

2. *Le rapport du chimiste cantonal*, complété par le calcul des taux de réduction, est reproduit ci-dessous.

N°	Caractéristiques	Eau usée brute	Effluent	Réduction en %
1	Aspect	lég. louche	—	
2	Odeur	fécaloïde	lég. fécaloïde	
3	Couleur	brun-jaune	brun-jaune	
4	pH	7,5	7,9	
5	Matières décantables en volume			
	cm_3/litre/½ heure	0,1	moins de 0,1	
	cm_3/litre/ 1 heure	0,2	moins de 0,1	
	cm_3/litre/ 2 heures	0,2	moins de 0,1	
6	Matières décantables en poids mg/litre	51,0	4,1	91,9
7	Cendres de ces matières, mg/l	17,8	2,5	86,0
8	Consommation de permanganate à chaud $mgKM_n\ O_4$/litre	246,48	69,52	71,8
9	Test de 4 h = consommation à froid $mgKM_n\ O_4$/litre	113,76	27,92	75,4
10	Demande biochimique à 5 jours DBO⁵ mgO_2/litre	109,59	5,25	95,2
11	Ammoniaque $mgNH_4$/litre	8,0	0,40	95,0
12	Nitrites $mgNO_2$/litre	0,015	0,48	
13	Nitrates $mgNO_3$/litre	pas mesuré	pas mesuré	
14	Chlorures mgCl/litre	30,2	13,6	55,0
15	Phosphore total $mgPO_4$/litre	24,0	12,8	46,5
16	Phosphore minéral $mgPO_4$/litre	16,0	6,4	60,0

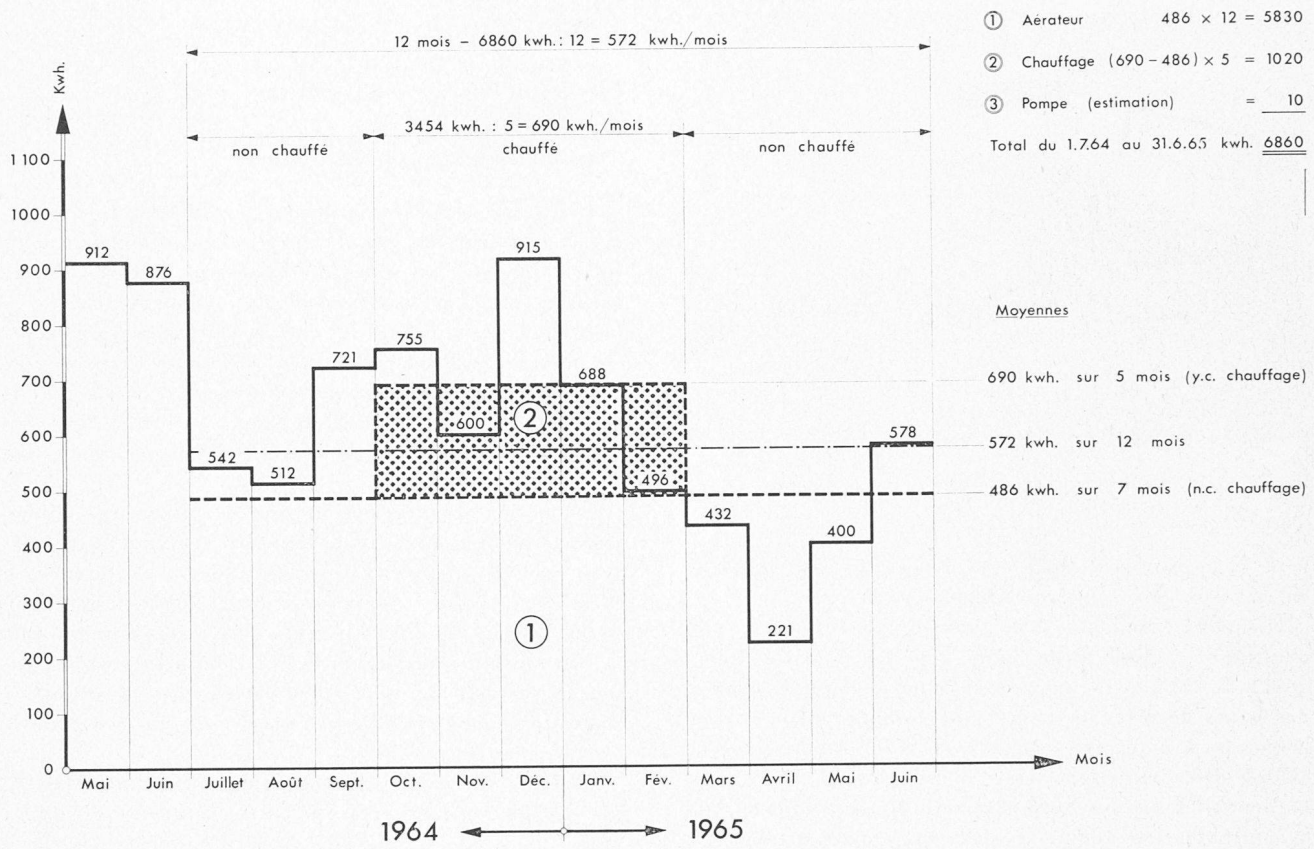

Fig. 7. — Tableau.

L'analyse de l'eau brute est faite sur un échantillon moyen de 30 prélèvements, répartis sur 10 heures, tandis que l'analyse de l'effluent traité est faite sur échantillon moyen de 2 prélèvements seulement, mais représentant la même quantité d'eau. En effet, on sait que l'effluent épuré n'est déversé que périodiquement, soit deux fois pendant les dix heures que durèrent les prélèvements d'eau brute.

Quelques commentaires peuvent être ajoutés à ces résultats, comparés à ceux d'autres stations du même type fonctionnant à l'étranger.

Les valeurs de pH supérieures à 7,0 témoignent d'une réaction alcaline à l'intérieur du bassin d'aération. Lors d'une décomposition de matières organiques, la valeur du pH change par la production rapide d'acides. Mais ces acides sont instantanément réduits par le travail des bactéries ou les autres animaux vivants et présents. Comme les quantités et qualités d'acide, de bactéries et d'oxygène à disposition peuvent varier, c'est la valeur du pH qui donne le premier renseignement sur le travail opéré dans le « milieu climatique ». La valeur obtenue pour l'effluent remis à l'exutoire de pH = 7,9 est parfaitement normale. Son élévation par rapport à l'eau brute (pH = 7,5) signifie que l'aération est suffisante pour oxyder les matières organiques et entretenir le milieu vivant des bactéries aérobies.

La mesure des matières en suspension, mais séparables par décantation, reflète une assez faible quantité (51 mg/l) comparativement à une moyenne de 400 mg/l donnée par la littérature. Leur élimination globale est suffisante, le taux de réduction est en effet de 91,9 %. Une quantité négligeable est donc restée dans l'effluent ; quantité qui est nettement en dessous des 20 mg/l tolérés pour le rejet à l'exutoire.

Les cendres de ces matières (soit 35 %) représentent la partie minérale et le reste (soit 65 %) représente la partie organique. Dans l'effluent épuré, la proportion entre matières minérales et organiques devient égale à 61 % pour les premières et 39 % pour les secondes, ce qui montre bien la réduction des matières organiques en suspension à travers la station, qui passent de 33,2 mg/l à 1,6 mg/l (réduction de 95,2 %).

Les matières en suspension non décantables et les matières dissoutes, qui se distinguent aussi en matières organiques et en matières minérales, n'ont pas été déterminées. Cependant le chiffre d'oxydabilité de l'eau usée et de l'effluent épuré, mesuré par la consommation de permanganate de potassium en mg$KM_n\ O_4$/l donne une première indication sur les quantités de matières putrescibles organiques auxquelles s'ajoutent des matières minérales chimiquement oxydables. Ce procédé par voie chimique doit être opéré à chaud et à froid pour vérifier que l'oxydabilité de certaines substances ne varie pas en fonction de la température.

Dans le cas présent, la réduction à froid et à chaud étant d'environ de 75 % dans les deux cas signifie que les matières chimiquement oxydables sont essentiellement organiques. La consommation d'oxygène représente environ le quart en mgO_2/l de la consommation de permanganate mg$KM_n\ O_4$/l.

La demande biochimique d'oxygène (DBO) mesure en mgO_2/l la quantité d'oxygène nécessaire, cette fois, aux bactéries pour décomposer les matières organiques de l'eau usée. Il est convenu de faire cette mesure pendant la durée de cinq jours et à 20°C, de manière que tous les résultats soient comparables. La DBO^5 de l'eau brute mesurée à Versvey atteint le chiffre de 109,59 mgO_2/l. Habituellement, sur d'autres stations, on mesure une

valeur moyenne de 150 à 180 mgO_2/l. Mais le résultat obtenu sur l'effluent est aussi inférieur à la valeur tolérée de 20 mgO_2/l, ce qui donne une réduction de 95,2 %, chiffre très satisfaisant.

Au cours de l'oxydation par voie humide des matières organiques par les bactéries, des matières complexes sont détruites, ce qui donne naissance ensuite à des combinaisons d'azote, de carbone et de soufre. L'azote apparaît d'abord dans l'ammoniaque, puis après la nitrification sous forme de nitrite et enfin après la dénitrification sous forme de nitrate. A Versvey, la réduction de l'ammoniaque atteint 95,0 % et l'on retrouve une partie de l'azote sous forme de nitrite. Cependant, on regrettera que le nitrate n'ait pas été mesuré, ainsi que l'azote total comprenant aussi l'azote des matières organiques en solde. La réduction de l'azote total n'est donc pas connue pour l'instant. Il sera utile de la mesurer lors d'une prochaine campagne d'analyses de la station. C'est, comme on le sait, la teneur en nitrate de l'effluent qui est une valeur primordiale après la DBO^5 pour juger de la qualité de l'effluent, en particulier de sa valeur « engraissante » au profit du cours d'eau récepteur.

Quand on parle d'engrais, on en vient aussitôt aux phosphates, qui sont aussi peu recommandés que les nitrates. Les deux mesures du phosphore minéral et du phosphore total permettent de déduire que la réduction globale du phosphore est de 46,5 %, mais surtout que la réduction du phosphore minéral est de 60 %. On remarque aussi que le phosphore organique de 8 $mgPO_4/l$ est réduit à 6,4 mg/l sans que le phosphore minéral augmente, donc la valeur d'engrais phosphaté de l'effluent n'a pas augmenté pendant son temps de passage à travers la station d'épuration.

3. *Examen de la boue activée*

Les mesures de concentration « volumétriques » suivantes ont été faites :

Concentrations antérieures à août 1964 de	50 ‰ à 30 mn
Après la vidange admise comme fausse manœuvre d'août 1964, il fallut repartir à zéro jusqu'à une	
Concentration au 12 mai 1965 de . .	40 ‰ à 30 mn
Concentration au 2 septembre 1965 de .	100 ‰ à 30 mn

Les valeurs optima pour la quantité en matières sèches ainsi que pour la charge journalière en DBO^5 correspondante sont définies empiriquement. Si la charge réelle est plus faible, la minéralisation des matières organiques est plus poussée, l'oxygénation ou l'OC/LOAD devient trop forte et le volume des boues ne peut monter que très lentement dans le chenal. Le volume des boues ne pourra même jamais atteindre le pourcentage désiré si cette charge n'augmente pas. Par conséquent, aucune boue ne pourra être extraite de la station.

La station consomme en moyenne pour l'aération	16 kWh/jour
Le cylindre à cage agit sur une largeur de	1,50 m
Ses pales travaillent en immersion variable entre	5 et 8,5 cm
Pendant une durée estimée de	20 h/jour
L'apport d'oxygène admis (par déduction d'autres stations semblables)	0,5 $kgO_2/kWh/j$
L'apport total est ainsi de	8 $kgO_2/jour$

On introduira maintenant, dans le dessein de les comparer, les valeurs optima auxquelles la station devrait tendre. Elles montrent ainsi la marge abondante restant à combler pour que la station travaille au rendement maximum.

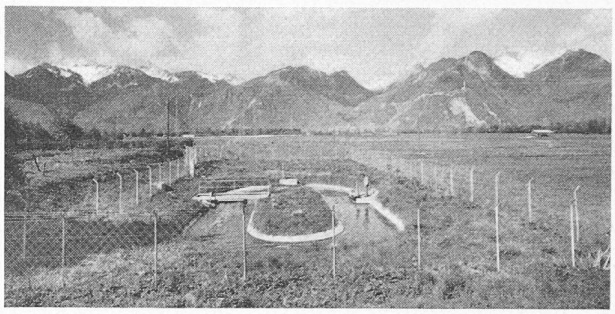

Fig. 8. — La station complète et son surveillant, M. Bonjour, de Versvey.

Chiffres pour Versvey actuellement (1965)	Différence	Pour station-type idéale
Volume unitaire pour le chenal : $\frac{61\ m^3}{1040\ gDBO^5} = \frac{3{,}15\ m^3}{54\ gDBO^5}$	$(10\times) >$	$\frac{0{,}30\ m^3}{54\ gDBO^5}$
Oxygénation ou OC/LOAD : $\frac{8\ kg\ O_2/j}{1{,}04\ kgDBO^5/j} = 7{,}7$	$(3{,}8\times) >$	2,0
Matières décantables à 30 mn = 100 cm^3/l	$(1{,}5\times) <$	150 cm^3/l
Index de boues (pas mesuré, mais admis) env. 40 cm^3/g	—	env. 40 cm^3/g
Matières sèches (si index de boue = 41,7) 2,4 g/l	$(1{,}5\times) <$	3,6 g/l
Charge de la DBO^5 par matières sèches de la boue activée : $\frac{1\ kgDBO^5 \times 1\ m^3}{61\ m^3 \times 2{,}4\ kg\ mat.\ sèches} = 0{,}007$	$(7\times) <$	$\frac{0{,}050\ kgDBO^5}{kg\ mat.\ sèches}$

Ce dernier point de comparaison permet de classer la station de Versvey dans le type à très faible charge par rapport à une station à faible charge idéale, d'où la conséquence qu'aucune boue ne peut être extraite, comme l'ont déjà remarqué d'autres observateurs de stations d'épuration de ce genre.

VII. Coût de l'épuration

Les dépenses consacrées à la station d'épuration se décomposent en :

1. Prix de construction.
2. Frais annuels de l'entretien.

1. *La construction* comprend :

a) Les ouvrages en béton : fossé, cheminée d'entrée, puisard des boues, déversoir, support de la passerelle.
b) Les canalisations : raccordements amont et aval, by-pass.
c) Equipement mécanique : cylindre à cage, déversoir, pompe à boues.
d) Equipement électrique : armoire de commande, câblage, électrodes de mesure, thermostat, chauffages.
e) Protections : barrières, peintures.
f) Aménagements : accès, réglage des talus, ensemencements.
g) Achat des terrains, indemnités de passage, pertes de culture.
h) Honoraires pour projet et surveillance.
i) Améliorations, modifications diverses, rodage pendant la durée de garantie.
j) Analyses physiques et chimiques après un an de fonctionnement.

Coût total de la construction (1) : Fr. 78 500.—

2. *Les frais annuels* de la première année de marche ont été trop élevés, d'où les modifications intervenues, notamment en vue de diminuer la consommation de courant électrique et les pannes dues au gel. Les frais annuels sont donc calculés après la période de rodage, c'est-à-dire à partir du 1er juillet 1964 et jusqu'au 30 juin 1965. Ils se décomposent comme suit (tableau fig. 7) :

a)	Main-d'œuvre : nettoyage et contrôle de la grille et des électrodes, fauchage, visites diverses	Fr. 200.—
b)	Energie : aération 5830 kWh × 50% × 13 ct./kWh	» 380.—
	chauffage 1020 kWh × 50% × 13 ct./kWh	» 66.—
	pompe, env. 10 kWh × 50% × 13 ct./kWh	» 1.—
c)	Fournitures diverses : huile, graisse, pièces der echange.	» 50.—
	Total des frais annuels (2) :	Fr. 697.—

3. *Dépenses ramenées aux nombres d'habitants*

	80 habitants présumés raccordés	110 habitants contribuables 1965	200 habitants futurs théoriques
1. Construction	980.—	710.—	390.—
2. Entretien	8.70	6.35	3.50

Les deux chiffres importants qu'il faut retenir dans ce tableau sont :

a) *Le chiffre sous* (1) *construction, de Fr. 390.—/habitant théorique*

En effet, selon l'article 54, al. 3 du Règlement d'application de la loi cantonale sur la protection des eaux contre la pollution, c'est le coût par tête d'habitant théorique indexé qui détermine le taux de la subvention cantonale. L'index de base du coût de la construction, déterminé par l'Etablissement cantonal contre l'incendie et avec lequel le barème cantonal a été calculé, est égal à 220. Le classement de la commune en rapport à sa situation financière est également déterminant.

Le taux du subside alloué par l'Etat pour la station de Versvey est de 36,7 %.

b) *Le chiffre sous* (2) *entretien, de Fr. 6,35/habitant*

En effet, c'est ce que coûte par habitant réel raccordé ou pas raccordé l'entretien de la station d'épuration.

Pour mémoire, il est utile de rappeler ici que le taux du subside fédéral se calcule selon le coût de la construction en 1963-64 = Fr. 78 500.—
rapporté à l'indice moyen du coût de la construction en 1960 = Fr. 61 000.—
et divisé par le débit temps sec moyen théorique $Q_{TS\,14} = 7{,}15\ m^3/h = 2\ l/s$
soit le coût spécifique pour les installations par l/s = Fr. 30 500.—

La Confédération n'a pas encore calculé le subside pour l'instant.

4. *Dépenses ramenées par kg de DBO⁵ éliminée*

Il a été vu plus haut que la charge journalière entrant dans la station est de 1,04 kgDBO⁵/j

La charge de l'effluent à la sortie est de 5,25 mgDBO⁵/litre ou 0,05 kgDBO⁵/j

La quantité de DBO⁵ éliminée est de 0,99 kgDBO⁵/j

Soit, si la consommation totale d'énergie est de 6860 kWh/an
elle est en moyenne journalière (chauffage compris) de 18,8 kWh/j

On consomme donc, en courant électrique, pour éliminer 1 kg de DBO⁵ $= 19{,}0\ \frac{kWh}{kg\,DBO^5}$

ou encore, à raison de 6,5 ct./kWh $= 1{,}23\ \frac{fr.\ d'énergie}{kgDBO^5}$

ou encore, en tenant compte de l'entretien total,

$\frac{697.—}{365 \times 0{,}99} = \qquad = 1{,}93\ \frac{fr.\ d'entretien}{kgDBO^5}$

Les prix élevés pour l'élimination de la DBO⁵ n'augmenteront plus et ils peuvent être considérés comme des valeurs maxima, puisqu'il y a tout lieu de croire que soit le débit, soit la charge, soit l'un et l'autre augmenteront au cours des années à venir.

Conclusion

Des nombreuses constatations, étayées par des calculs de contrôle, qui apparaissent au cours des chapitres précédents, il faut en tirer l'essentiel, à savoir que :

— L'exemple donné par la commune d'Yvorne, en faisant construire une station biologique pour son hameau de Versvey, est méritoire.
— Cet exemple est un encouragement pour d'autres localités, même pour les plus petites : la lutte contre la pollution ne commence-t-elle pas par soi-même ?
— Si des marges de sécurité ont été prises pour réserver l'avenir, marges qui augmentent passablement les coûts actuels de construction, les enfants de nos enfants en profiteront encore et, il faut l'espérer, porteront leur reconnaissance à la vieille génération d'épurateurs prévoyants.
— Il est bon de rappeler ceci pour terminer : une station d'épuration est un ouvrage vivant perfectible, il faut donc la soigner, l'entretenir continuellement, la transformer si nécessaire.

Le vœu de longue vie et d'efficacité ne sera réalisé que par la persévérance et la foi dans l'épuration.

LISTE DES RÉFÉRENCES

Dr. A. Pasveer, La Haye : *Abwasserreinigung im Oxydationsgraben.*

Dr. J. Muskat, Michelbacher Hütte : *Über Erfahrungen mit Oxydationsgräben.*

B. Böhnke : *Der Hochlastgraben.*

K. Viehl, K. Mudrack, H. Neumann : *Erfahrungen mit Belebungs- und Oxydationsgräben in Niedersachsen.*

Dr. K. Imhoff et P. Koch : *Manuel de l'assainissement urbain* (4e éd.).

Fair and Geyer : *Water Supply and Waste-Water Disposal.*

BIBLIOGRAPHIE

Mathématiques appliquées à l'art de l'ingénieur, par *M. Parodi.* Tome 3. Editions SEDES, Paris, 1965. — Un volume de 298 pages, ill.

Consacré aux fonctions de variable complexe et à l'analyse symbolique, ce volume est rédigé dans le même esprit que les deux premiers tomes. L'utilisateur y trouvera un exposé assez exhaustif de la théorie classique des fonctions analytiques d'un variable complexe l'accent étant mis plus particulièrement sur le calcul des résidus et sur la représentation conforme.

Une seconde partie est consacrée à la transformation de Laplace et son inversion.

Dans ce volume encore, le lecteur aura la possibilité de contrôler son travail grâce à un bon choix de problèmes.

C. B.