

OBSERVATIONS SUR LA CONDUITE D'UNE STATION D'EPURATION FONCTIONNANT PAR AERATION PROLONGEE ET TRAITANT UN MELANGE DE LISIERS DE PORCS ET DE BOVINS

J. SENNELIER (1), P. POULET (2) et J.P. RAYNAUD (1) *

(1) *Station de R. & D. Vétérinaire et Nutrition Animale
Pfizer International, B.P. 42 - 37400 Amboise (France)*

(2) *Biologie Appliquée, Option Hygiène de l'Environnement
Institut Universitaire de Technologie - 37000 Tours*

L'un des problèmes critiques du développement des unités à forte concentration d'animaux en élevage intensif, est la pollution due à la production en un même lieu d'une quantité importante de lisiers (1). A l'échelle d'une Station d'expérimentation vétérinaire, les problèmes sont beaucoup plus modestes car la quantité de lisier à épurer est moindre. Il est cependant de notre responsabilité de mettre en oeuvre les moyens adéquats pour ne pas apporter de pollution du fait de notre activité. Nous élevons un nombre limité de porcs de tous âges, des veaux de boucherie et des vaches laitières. S'il existe une documentation abondante sur l'épuration biologique des lisiers de porc, les informations concernant les lisiers mixtes de porcins et bovins sont rares. Ce mélange des espèces est pourtant fréquent dans les fermes de notre pays.

Face aux multiples problèmes posés pour la maintenance quotidienne d'une telle installation à la fois dans le but d'obtenir un effluent épuré conforme aux normes officielles et de rationaliser le fonctionnement de cette station, l'un d'entre nous a étudié quotidiennement le processus d'épuration. Ce sont ces résultats qui sont présentés ici.

1. DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DES INSTALLATIONS D'EPURATION

Le diagramme de la Station d'épuration est inclus. Le fonctionnement est figuré linéairement, de l'effluent brut à l'effluent épuré. Il s'agit d'une **Station d'épuration de type compact fonctionnant par aération prolongée**. Les lisiers dilués, après un tamisage, subissent une épuration microbiologique aérobie par boues activées. Le procédé consiste à mettre l'effluent à traiter en présence d'un floc bactérien maintenu en suspension par un dispositif d'agitation qui participe également à l'aération du milieu. La description sommaire suivra le diagramme : l'effluent brut passe sur un **tamis vibrant "CONTISCREEN"** (maille du tamis = 600 μ). L'effluent tamisé est agité et aéré dans deux bassins d'aération communicants. L'injection de l'air du surpresseur se fait par une crépine dans un tube d'aération (Aérateur). Dans le **bassin de décantation** les boues sédimentent tandis que l'effluent épuré est rejeté. Les boues décantées sont reprises par pompage et recyclées en tête des bassins d'aération ; périodiquement elles sont extraites vers le **bassin de minéralisation**. Le recyclage des boues est sous la dépendance directe du temps de marche du surpresseur. Le fonctionnement du surpresseur est cyclique ; le cycle de 30 minutes est réglé pour un fonctionnement de 0 à 100 %. Les boues du bassin de minéralisation subissent une auto-oxydation qui réduit leur masse et supprime la fermentation anaérobie. Elles finissent de se concentrer dans le **"bassin épaisseur"**. Puis elles sont évacuées. Nous avons abandonné le système des lits de séchage qui ne fonctionnait qu'en été, et nous faisons évacuer les boues par camion citerne à raison de 8 à 16 m³ de boues par mois suivant la charge polluante.

* Travail effectué grâce aux analyses réalisés dans le laboratoire Départemental et Régional d'Analyses et de Recherches, 37033 Tours que dirige M. J.P. PUISAIS qui a directement participé à ce travail et que nous remercions ici.

** Station "TERNOIS EPURATION" - 28110 Luce.

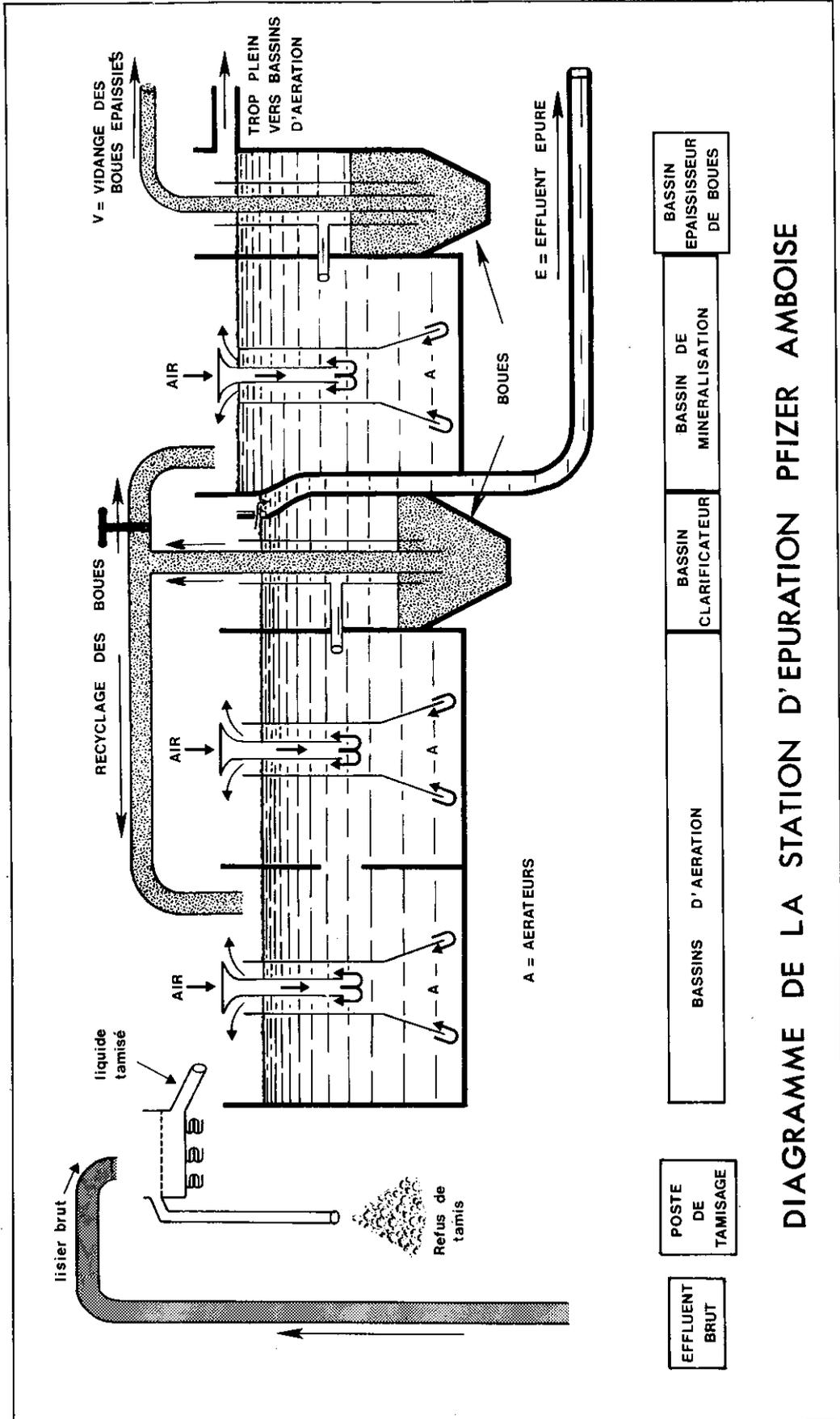


DIAGRAMME DE LA STATION D'EPURATION PFIZER AMBOISE

● Cotes et caractéristiques :

- Prétraitement : Tamis Contiscreen (mailles de 600 μ).
- Puissance du surpresseur = 7,5 CV.
- Bassins d'aération : 216 m³.
- Clarificateur : 15 m³.
- Minéralisateur ; 48 m³.
- Epaisseur : 6,3 m³.
- Capacité prévue : charge polluante en DBO₅/jour = 60 kg.
- Charge volumique admissible : a) maximum théorique = 0,3 kg de DBO₅ par m³,
b) maximum réel observé = 0,2 kg de DBO₅ par m³.

● Charge :

Prévue pour 200 porcs de 70 kg, 15 vaches laitières, 50 veaux de boucherie et 5 équivalents habitants soit 60 kg de DBO₅ par jour sous un volume de 11 m³. Cette charge n'a pas été exactement atteinte mais la station d'origine était conçue sans dispositif de tamisage. Elle a été bloquée après quelques mois de fonctionnement par les fibres cellulosiques rejetées par les bovins. Depuis l'installation d'un tamis, il y a plus de 2 ans, elle fonctionne correctement. Pendant les 3 mois durant lesquels nous avons effectué nos observations quotidiennes les animaux dont les lisiers étaient épurés étaient : 6 vaches laitières, 51 veaux de boucherie, 3 truies de 200 kg, 22 porcelets de moins de 15 kg, 24 porcs de 30-35 kg et 60 porcs de 60-65 kg. La charge polluante réelle était de l'ordre de 35 kg de DBO₅/jour sous des volumes de 30 à 50 m³/jour.

2. PRINCIPAUX PARAMETRES CONTROLES ET LEURS METHODES DE MESURE

Les différents paramètres pris en compte dans cette étude sont : pour les eaux d'arrivée et de rejet : - pH - DBO₅ (Demande Biologique en Oxygène) - DCO (Demande Chimique en Oxygène) - MES (Matières en Suspension) - Azote sous toutes ses formes. Pour les boues : - MES - MVS (Matières Volatiles en Suspension) - O₂ dissous - Azote sous toutes ses formes - Recherches bactériologiques (bactéries nitrifiantes, nitrosantes, bactéries dénitrifiantes ; numération suivant les techniques proposées par J. POCHON pour la microbiologie des sols (2)).

Les observations à chaque changement du cycle d'aération ont été effectuées après une période d'adaptation de 6 jours. En ce qui concerne les prélèvements d'eau, ils ont été constitués à partir d'échantillons moyens sur 10 heures de l'eau d'arrivée (à la sortie du tamis) et de l'eau de rejet. Les normes à respecter pour l'effluent épuré (mais les effluents d'élevage sont 50 à 100 fois plus concentrés que les effluents domestiques) : DBO₅ < 30 mg/l - DCO < 90 mg/l - MES < 30 mg/l.

3. ETUDE DE QUELQUES FACTEURS PERMETTANT DE RATIONALISER LA CONDUITE DE LA STATION

TABLEAU 1

RESULTATS D'EXPLOITATION AU COURS DES ANNEES 1974 & 1975

| PERIODE | CHARGE POLLUANTE DBO ₅ kg/jour VALEURS EXTREMES | EFFLUENT EPURE NOMBRE ANALYSES HORS NORMES NOMBRE ANALYSES TOTALES | PARAMETRES HORS NORMES VALEURS EXTREMES | | |
|---------------------|--|--|--|---------|--------|
| | | | DBO ₅ | DCO | MES |
| Janv. 74 Mai 74 | 15 - 45 kg | $\frac{6}{16}$: 38 % | 0 | 135-157 | 45-85 |
| Sept. 74 Mars 75 | 15 - 30 kg | $\frac{6}{8}$: 75 % | 0 | 144-465 | 50-178 |

De janvier 1974 à Mai 1974 la Station a fonctionné correctement comme le montre le tableau ci-dessus. A partir de septembre 1974 et jusqu'à mars 1975 malgré une charge polluante moindre, les résultats des analyses mensuelles se sont montrés très souvent au-dessus des normes officielles à l'exception des mesures de la DBO₅. Jusqu'à mars 1975 les réglages s'effectuaient en fonction d'un critère très subjectif : la limpidité de l'eau au niveau du clarificateur. Dans le but de redresser la situation et de rationaliser la conduite de la station en essayant de fonctionner au moindre coût, nous avons entrepris d'étudier quelques facteurs : - Tamisage, - Temps d'aération et de recyclage des boues activées, - Temps de minéralisation. Nous présentons ici les résultats des observations des 2 premiers points.

1) Etude du dispositif de tamisage :

Dans le but d'améliorer les performances de notre système d'épuration, nous avons comparé l'efficacité d'un tamis de 600 μ à celle d'un tamis de 400 μ de vide de maille. Des prélèvements pratiques avant et après tamisage nous ont permis de définir les rendements de tamisage pour les paramètres suivants : DBO₅ - DCO - MES et N total.

$$\text{Rendement de tamisage} = \frac{\text{Concentration du liquide brut} - \text{Concentration du liquide tamisé}}{\text{Concentration du liquide brut}}$$

TABLEAU 2
RENDEMENT DU TAMISAGE AVEC UN TAMIS DE 600 μ et de 400 μ

| | 600 μ | 400 μ |
|------------------|--------|--------|
| DBO ₅ | 3 % | 4,7 % |
| DCO | 35,2 % | 37 % |
| MES | 57,6 % | 56,9 % |
| N total | 4,9 % | 4,7 % |

Pour les deux tamis utilisés (600 ou 400 μ) l'action est nette au niveau de la DCO et des MES - DBO₅ et N total sont peu modifiés. Le tamis arrête essentiellement les particules cellulosesiques qui représentent une DCO importante mais une DBO₅ très faible. Comme l'ont déjà remarqué STAMBOULI et BALLAY (3) la réduction de la taille des vides de maille de 600 à 400 μ, n'affecte pas sensiblement le rendement du tamis.

2) Influence du temps d'aération :

Cette étude a été effectuée du mois de mai 1975 au mois de juillet 1975. La charge polluante moyenne était de 35 kg de DBO₅/jour et la température moyenne de l'eau dans les bassins de 17°C. La teneur en MES des bassins d'aération était toujours maintenue en dessous de 8 g/l. Le pH a oscillé entre 7,2 et 7,9.

Quatre temps d'aération nominaux ont été testés 40 %, 50 %, 65 % et 80 % de temps de fonctionnement du surpresseur sur un cycle de 30 mn soit :

| | sur 1/2 heure | sur 24 heures |
|----------------|---------------|---------------|
| 40 % | 12 minutes | 9,6 heures |
| 50 % | 15 minutes | 12 heures |
| 65 % | 19,5 minutes | 15,6 heures |
| 80 % | 24 minutes | 19,2 heures |

a) Sur la teneur en oxygène dissous de l'eau des bassins d'aération :

TABLEAU 3

CONCENTRATION DE L'OXYGENE DISSOUS EN FONCTION DU TEMPS D'AERATION

| TEMPS EN MINUTES | 40 % O ₂ en mg/l | 50 % O ₂ en mg/l | 65 % O ₂ en mg/l | 80 % O ₂ en mg/l |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0,1 | 0,4 | 0,9 | 1,7 |
| 5 | 1,2 | 1,4 | 1,9 | 2,6 |
| 10 | 2,0 | 1,9 | 2,2 | 3,3 |
| 15 | 0,7 | 2,0 | 2,6 | 3,4 |
| 20 | 0,2 | 0,6 | 1,4 | 3,5 |
| 25 | 0,1 | 0,5 | 1,1 | 2,1 |
| 30 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,6 |

D'une manière générale, l'arrêt de l'aération se traduit par une chute brutale du taux d'oxygène dissous. Pour un temps d'aération inférieur à 50 % nous voyons que le taux d'oxygène dissous ne dépasse pas un milligramme par litre pendant plus de la moitié du cycle d'aération (30 minutes).

b) Sur les rendements du processus d'épuration -

TABLEAU 4

RENDEMENTS DE L'EPURATION EN FONCTION DU TEMPS D'AERATION

| TEMPS D'AERATION | | DBO ₅ mg/l | DCO mg/l | MES mg/l | NTK mg/l | NH ₄ mg/l | NO ₃ mg/ml | NO ₂ mg/ml |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 40 % | Charge polluante introduite | 1050 | 3135 | 1610 | 170,1 | 80 | ≤ 5 | — |
| | Charge polluante de l'effluent épuré | 9 | 96 | 14 | 8,4 | 1,5 | ≤ 5 | 0,30 |
| | Rendement d'épuration en % | 99,1 | 96,9 | 99,1 | 95,1 | 98,1 | — | — |
| 50 % | Charge polluante introduite | 741 | 3600 | 1600 | 182 | 90 | 0 | — |
| | Charge polluante de l'effluent épuré | 5 | 64 | 10 | < 1 | 0 | 15 | 0,1 |
| | Rendement d'épuration en % | 99,3 | 98,2 | 99,4 | 99,4 | 100 | — | — |
| 65 % | Charge polluante introduite | 463 | 1985 | 1600 | 131,6 | 80 | ≤ 5 | — |
| | Charge polluante de l'effluent épuré | 6 | 17 | 12 | 4,9 | < 1 | 40 | 0,15 |
| | Rendement d'épuration en % | 98,7 | 99,1 | 99,2 | 96,3 | 98,3 | — | — |
| 80 % | Charge polluante introduite | 626 | 3680 | 2200 | 120,6 | 18 | ≤ 5 | — |
| | Charge polluante de l'effluent épuré | 3 | 25 | 8,5 | 4,2 | < 1 | 10 | — |
| | Rendement d'épuration en % | 99,5 | 99,3 | 99,6 | 96,5 | 99,4 | — | — |

Nous constatons que même lorsque le surpresseur fonctionne pendant 40 % de la durée de son cycle la charge polluante est réduite notablement. Les rendements d'épuration concernant la DBO₅ et les MES sont très voisins, que le surpresseur fonctionne 40 % ou 80 % du cycle. Les rendements caractérisant l'épuration de la

DCO augmentent avec l'accroissement de l'aération, mais les différences sont faibles. L'élimination de l'azote semble légèrement influencée par le temps de fonctionnement du surpresseur ; l'optimum semble se situer autour de 50 %. Pour les nitrates, c'est à 65 % que la teneur en nitrates de l'effluent épuré est la plus élevée. L'effluent épuré a toujours gardé une teinte jaune, toutefois cette teinte s'atténuait pour les temps d'aération les plus élevés. L'aspect du rejet est limpide à partir de 50 % d'aération, par contre on note une légère odeur putride pour un temps d'aération inférieur à 65 %.

c) Sur quelques groupes bactériens intervenant dans le cycle de l'Azote et sur les protozoaires :

TABLEAU 5

EVOLUTION DE QUELQUES POPULATIONS BACTERIENNES DU CYCLE DE L'AZOTE ET DES DIFFERENTES FORMES D'AZOTE DANS L'EFFLUENT EPURE EN FONCTION DU TEMPS D'AERATION

| | | TEMPS D'AERATION %DU CYCLE | | | | |
|---|---|------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | | 40 % | 50 % | 65 % | 80 % | |
| Boues activées des bassins d'aération | Bactéries nitrifiantes (Ferments nitreux) /ml | 3×10^4 | $1,5 \times 10^4$ | 5×10^4 | 5×10^5 | |
| | Bactéries nitrosantes (Ferments nitriques) /ml | 5×10^3 | $1,9 \times 10^4$ | 9×10^3 | 5×10^3 | |
| | Bactéries dénitrifiantes /ml | Apparition des nitrites | 3×10^9 | 2×10^5 | 3×10^7 | $9,5 \times 10^5$ |
| | | Disparition totale des nitrates | $2,5 \times 10^6$ | $0,9 \times 10^5$ | $1,5 \times 10^6$ | $1,1 \times 10^5$ |
| Effluent épuré | Azote total mg/l | 8,4 | < 1 | 4,9 | 4,2 | |
| | Ammoniaque mg/l | 1,5 | 0 | < 1 | < 1 | |
| | Nitrites mg/l | 0,30 | 0,08 | 0,17 | dosages perturbés | |
| | Nitrates mg/l | < 5 | 15 | 40 | 10 | |

L'étude des populations microbiennes montre que les germes responsables de la dénitrification sont plus nombreux à 40 % d'aération. Les ferments nitreux sont stimulés par l'aération alors que l'effet semble être contraire chez les ferments nitriques pour une aération supérieure à 50 %. Les variations de population des germes sont à mettre en relation avec les différentes formes d'Azote présentes dans l'effluent épuré. A 40 % d'aération nous avons dans l'effluent épuré la quantité d'Azote total la plus élevée, la quantité de NO_3 la plus faible par contre on note la présence de NO_2 . La dénitrification est maximale et est accentuée par la réduction de l'aération. Les ferments nitreux et nitriques sont présents mais leur activité est réduite ; on note en effet la présence de NH_4 . A 50 % l'élimination d'Azote totale est maximale, NH_4 est absent, l'étude des groupes responsables du passage N organique \rightarrow NH_4 n'a pas été faite ici mais l'ammonification semble fortement favorisée. Les ferments nitreux bien qu'en population assez faible, sont très actifs ; en effet le taux de nitrates dans l'effluent est bas. Le passage nitrites nitrates se fait bien. Il ne semble pas y avoir de dénitrification, d'ailleurs les populations responsables de celle-ci sont en baisse très nette par rapport à une aération à 40 %. A 65 % l'Azote total n'est pas entièrement métabolisé, le nombre de ferments nitreux est assez élevé, la quantité de NH_4 dans l'effluent est faible ; par contre le taux de nitrates est élevé. La nitrification est bonne. La dénitrification est faible malgré le nombre important de germes dénitrifiants. A 80 % les ferments nitreux sont abondants par contre les ferments nitriques sont en régression. N'assiste-t-on pas ici à un blocage de la nitrification ? Une oxygénation importante n'inhibe-t-elle pas le développement des bactéries responsables du passage NO_2 NO_3 ? J.C. BOURDELOT (4) avait émis une hypothèse identique. Au niveau des protozoaires, des examens microscopiques répétés mais non quantitatifs nous ont permis de constater qu'en dessous de 50 % d'aération c'est-à-dire en-dessous de 1 mg/l d' O_2 dissous, des espèces de protozoaires telles que Vorticella et des Lionotus disparaissaient.

4. BILAN D'EXPLOITATION ET CONCLUSIONS BILAN ECONOMIQUE — Par jour,

| | |
|---|--------------|
| – Maintenance quotidienne | 13,75 F |
| 1/2 heure de main-d'oeuvre (1 heure = 27,50 F). | |
| – Entretien mécanique - Révision. | 2,00 F |
| 2 heures par mois (1 heure = 27,50 F). | |
| – Consommation électrique (1 KWH = 0,11 F). | |
| - Surpresseur : 5,1 KW x 16 H x 0,11 | 9,00 F |
| - Pompes + Tamis : 1,9 KW x 10 H x 0,11 | 2,00 F |
| – Frais de Vidange des boues | 11,00 F |
| 12 m ³ /mois (1 m ³ = 27,50) <u>27,50 x 12</u> | |
| | 30 |
| – Dépense d'eau pour nettoyage des canalisations | 10,50 F |
| (1 m ³ = 0,70 F) 15 m ³ x 0,70 | |
| – Amortissement du matériel : | |
| - sur 33 ans : Maçonnerie, équipements lourds | |
| $\frac{97\ 250}{33} = 2\ 946$ $\frac{2\ 946}{365} =$ | 8,10 F |
| - sur 10 ans : équipements mécaniques et électriques - Dispositif de Tamisage | |
| $\frac{108\ 006}{10} = 10\ 800$ $\frac{10\ 800}{365} =$ | 29,60 F |
| | |
| | <u>TOTAL</u> |
| | 85,95 F |

La plupart des dépenses entraînées par le fonctionnement sont incompressibles à l'exception des frais de vidanges et de l'eau servant au nettoyage des canalisations, qui pourrait être remplacée par de l'eau épurée recyclée. Si on considère qu'à pleine charge le doublement des frais de vidange pourrait être sensiblement compensé par des économies sur l'eau de nettoyage, on peut faire par porc engraisé le calcul suivant :

| | |
|--|------------------------|
| – Effluent tamisé - Charge polluante maximum admissible | 60 kg DBO ₅ |
| (données du constructeur) | |
| Prix de revient du kg de DBO ₅ épuré $\frac{86\ F}{60}$ | 1 F 43 |
| – Charge polluante totale produite par un porc à l'engrais de 25 à 105 kg | 23 kg DBO ₅ |
| (données ITP (5)) | |
| Frais d'épuration par porc engraisé - Station tournant à pleine charge : 1,43 x 23 | 33 F |

Dans les conditions actuelles c'est-à-dire avec une charge polluante moyenne de 35 kg DBO₅/jour les frais d'épuration sur la base du calcul ci-dessus s'élève à 56 F par porc engraisé.

CONCLUSIONS

A la suite de toutes les observations que nous avons pu effectuer, nous avons constaté qu'il était possible d'épurer convenablement un mélange de lisiers de porcs et de bovins dans une station d'épuration de type compact fonctionnant par aération prolongée si les précautions suivantes sont respectées :

- 1) Mise en oeuvre d'un dispositif de tamisage pour éliminer les fibres cellulosiques non biodégradables (cas particulier des vaches laitières). Il est inutile de choisir un tamis avec un vide de mailles trop fin car nous avons vérifié qu'entre un tamis de 400 et 600 μ la différence était presque nulle.
- 2) Apport d'eau suffisant afin d'obtenir un lisier dilué. Avec cette installation, nous avons contrôlé qu'au-delà de 9 g/l de MES dans les bassins d'aération la décantation était perturbée. Pour une charge polluante ne dépassant pas 35 kg de DBO₅/jour le volume d'eau a toujours varié entre 30 et 50 m³/jour.

- 3) Oxygénation convenable des bassins d'aération et débit de recyclage des boues décantées suffisant. L'étude de l'évolution de quelques groupes bactériens participant au cycle de l'azote, des différentes formes de l'azote au niveau de l'effluent épuré et des concentrations en oxygène dissous obtenus dans les bassins d'aération, nous ont permis de définir pour une température de l'eau de 17°C un temps optimum de fonctionnement du surpresseur de 65 % soit 15,6 heures par jour.

Une évaluation des frais de fonctionnement a été réalisée. Les dépenses journalières s'élevaient à 86 FF. Ce chiffre est élevé, mais si on essaie d'établir une comparaison en ramenant ce chiffre à la pollution produite uniquement par des porcs à l'engrais sur la base d'une station fonctionnant à pleine charge, notre estimation se rapproche de celles effectuées par d'autres auteurs (6) sur des installations semblables : coût de 33 F par porc engraisé.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Anonyme : Journée d'étude sur la pollution par les élevages industriels et les stations d'épuration. Amboise le 29 novembre 1973. Direction R. FERRANDO - Publication 86 pp - Pfizer France.
- (2) POCHON J. et TARDIEUX P., 1962 - Techniques d'analyses en microbiologie du sol. 111 pp., Ed. de la Tourneelle.
- (3) STAMBOULI N. et BALLAY D., 1974 - Répartition de la charge polluante du lisier de porcherie en fonction de ses différents constituants physiques. Journées de Rech. Porc. en France, 93-100, INRA-ITP Ed. Paris.
- (4) BOURDELOT J.C., 1973 - Evolution de l'azote au cours du traitement biologique du lisier de porc. Journées de Rech. Porc. en France 301-306. INRA-ITP Ed. Paris.
- (5) MONGIN J.P., FOURNARAKI A., STAMBOULI N., TEXIER C., 1973 - Détermination de la charge polluante journalière produite par le porc à l'engrais. Influence de la quantité d'aliments distribuée, estimation de la pollution organique rejetée en fonction du rationnement alimentaire appliqué. 27-37, Rapport annuel, Station expérimentale, ITP.
- (6) BALLAY D., et STAMBOULI N., 1974 - Comment choisir un système d'élimination du lisier ? Journées de Rech. Porc. en France, 117-124, INRA-ITP Ed. Paris.