

Une innovation dans les stations d'épuration: la lagune activée par bio-disques

par J.M. WAROUX

Ancien Elève de l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes,
Ingénieur à la Société T.E.B.A.

Introduction

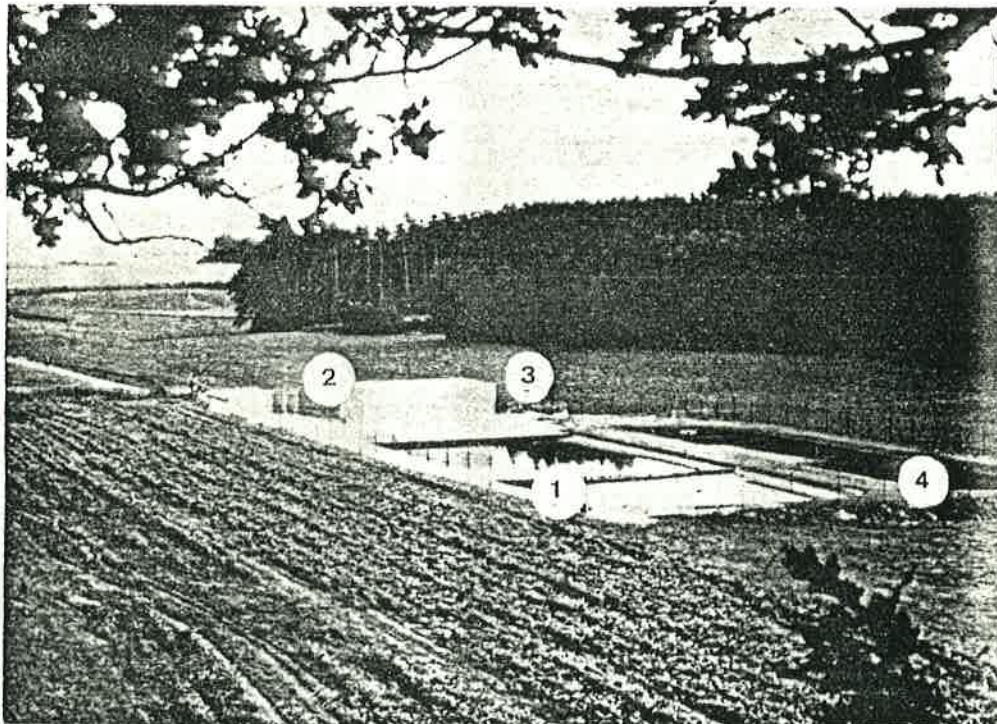
Traiter la pollution des eaux est devenu une nécessité fondamentale. La pollution étant un phénomène de saturation, la Société, sous peine d'asphyxie progressive, a bien compris cette nécessité.

Les efforts financiers consentis chaque jour pour la création de nouvelles unités de traitement en sont la preuve.

Cependant, si cet effort donne à tous et à chacun la bonne conscience d'avoir réellement contribué à

la transformation des nuisances, il est fatalement accepté avec une juste réticence, à cause des investissements élevés et surtout des frais d'exploitation qui impliquent des réserves très importantes sur les budgets communaux.

Aussi, à une époque où c'est devenu un cliché que de dire, les matières premières sont chères, l'énergie est chère, il est intéressant de proposer aux utilisateurs *des solutions rustiques, fiables et surtout économiques*, dans le domaine du traitement des eaux usées.



Vue d'ensemble d'une installation de lagune activée par BIO-DISQUES.

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Lagune primaire. | 3. Décanteur final (facultatif). |
| 2. Installation Bio-disques. | 4. Polissage - Lagune secondaire. |

C'est pourquoi nous nous proposons de décrire dans les lignes qui suivent un type nouveau de station de traitement des eaux usées: *La lagune activée par bio-disques*.

Définition

La lagune activée par Bio-Disques est une installation complète de traitement des eaux usées qui comprend trois parties fondamentales:

1. Un traitement naturel constitué par une lagune primaire.
2. Un traitement biologique par Bio-Disques.
3. Un polissage des eaux traitées dans une lagune secondaire.

Nous attirons l'attention du lecteur sur la terminologie du mot lagune activée.

Nous reviendrons plus loin sur les caractéristiques essentielles de ses différents ouvrages mais d'ores et déjà il faut souligner quelques éléments principaux:

a) La lagune activée ne doit pas être confondue avec le lagunage simple ou aérobique qui nécessite des surfaces très importantes et hors de proportion avec le but à atteindre.

b) La lagune activée doit être considérée, en ce qui concerne en particulier le bassin primaire, comme un bassin de *régulation de débit* avec stockage de boues et de *préparation biologique* de l'effluent à traiter sur les Bio-Disques.

Il n'y a donc pas à craindre, comme dans le cas des lagunes aérobies, la présence importante d'al-

gues et à espérer un ensoleillement et une chaleur suffisante pour obtenir les effets épuratoires désirés.

c) La lagune activée est une véritable station d'épuration, conçue, réalisée et adaptée aux effluents résiduaux de collectivités d'importance moyenne.

Schéma de principe: Description du fonctionnement

Le principe de traitement de la lagune activée fait une très large part à des processus de transformation naturelle sans apport de *source d'énergie extérieure*.

Les eaux usées brutes sont introduites directement dans la lagune primaire, où elles se débarrassent par simple décantation des matières en suspension décantables.

Cette opération s'effectue dans un premier compartiment qui traite la boue par voie anaérobie. La boue secondaire provenant des Bio-Disques est recirculée dans ce même compartiment.

La lagune primaire assure un stockage important d'eau et de ce fait lamine les pointes de débit et de charge et homogénéise l'effluent.

Le deuxième compartiment (2) séparé du premier par un dispositif de parois syphoïdes achève la décantation de l'effluent.

L'effluent de la lagune primaire est dirigé vers la cellule dynamique et biologique constituée par les ensembles Bio-Disques (3), à débit constant, par pompage ou par godets mis en rotation avec le premier tambour de Bio-Disques.

Par temps sec, une partie de la lagune primaire peut donc être vidée et par temps de pluie, la réserve

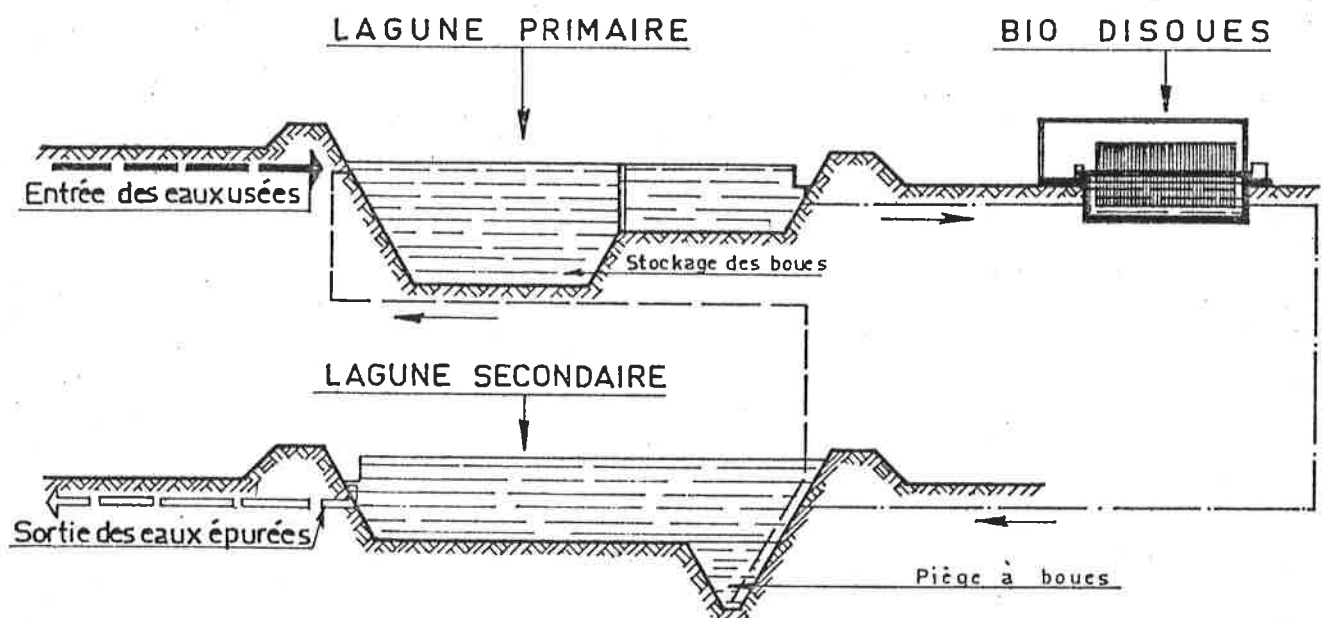


Schéma de principe - Vue en coupe.

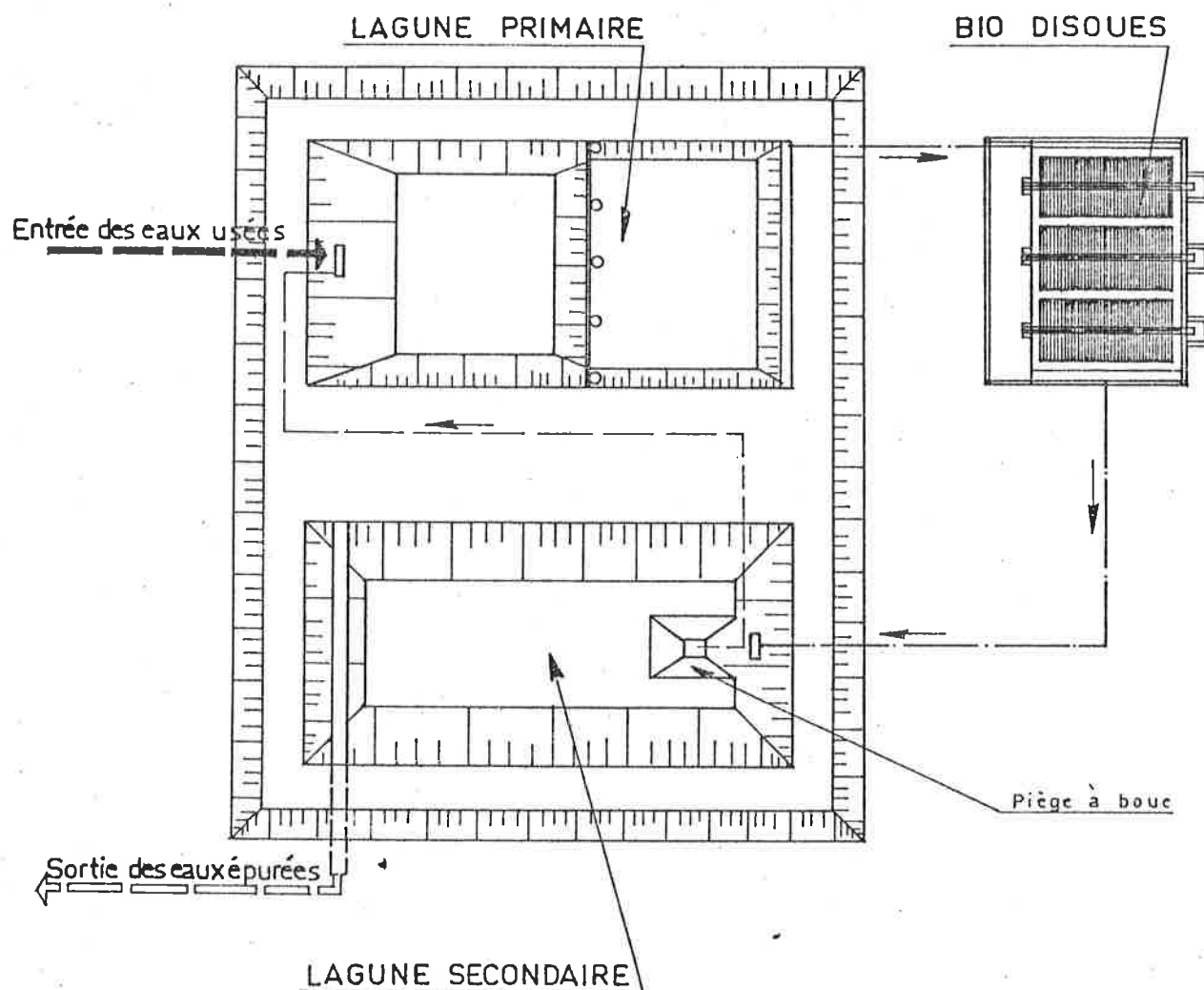


Schéma de principe - Vue en plan.

d'eau ainsi constituée permet d'accumuler les premiers flots d'orage les plus pollués.

Il n'est pas dans notre intention de décrire ici le processus de traitement de l'eau usée sur les Bio-Disques (Marque déposée). La description de ce mode de traitement a fait l'objet de nombreuses publications tant sur le plan théorique que pratique. Nous demanderons au lecteur de bien vouloir se reporter à la bibliographie sommaire indiquée à la fin de l'article.

Nous dirons seulement que les Bio-Disques, inscrits dans l'ensemble de l'installation, sont la partie active du processus épuratoire global.

Les disques en polystyrène expansé moulé à haute densité sont enfilés sur un axe à intervalles réguliers.

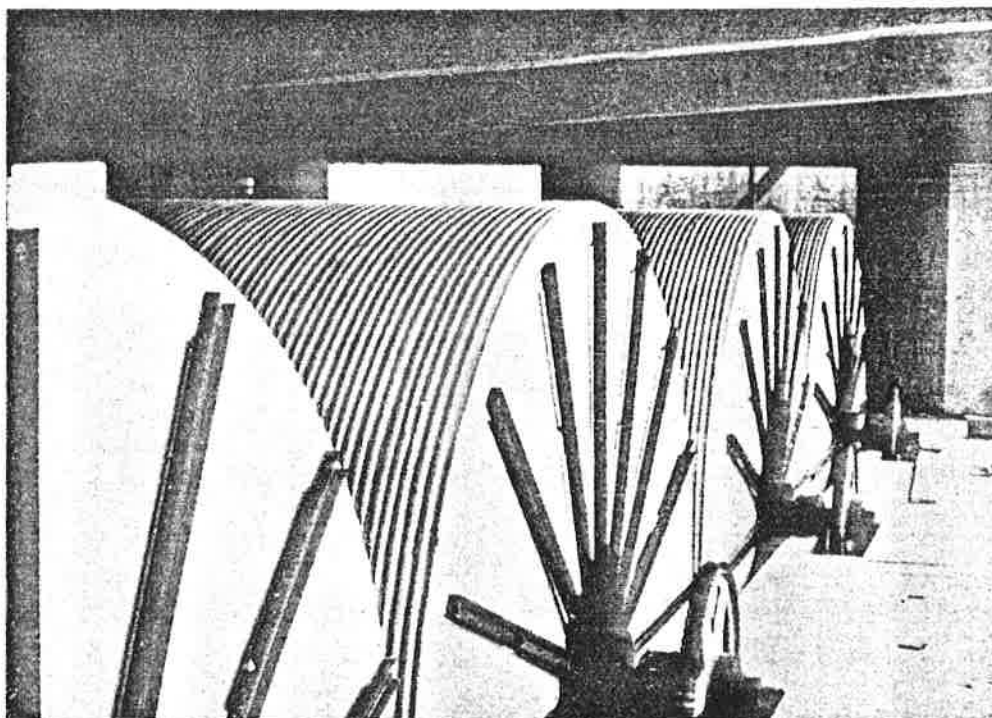
Leur vitesse de rotation lente dans des bassins de forme adéquate, remplis de liquide à traiter, permet l'alternance entre le milieu aéré (absorption de l' O_2 de l'air par les micro-organismes) et le milieu li-

quide (adsorption, assimilation des impuretés organiques par les micro-organismes).

La croissance de la couche microbienne sur les Bio-Disques est limitée en nombre de micro-organismes par l'apport du substrat et en épaisseur par des phénomènes complexes de nature électrostatique, mécanique et hydraulique.

De sorte que, au fur et à mesure de l'avancement du liquide à traiter dans les différents étages du système, la DBO soluble et particulaire restante après passage dans la lagune primaire, disparaît du liquide et se transforme en produit stockable et transportable que constituent les lambeaux de floccs issus des Bio-Disques, appelés aussi boues secondaires.

Dans l'ensemble du dispositif de la lagune activée, l'eau épurée mélangée avec les boues secondaires est introduite par gravité dans la lagune secondaire. L'indice de Mohlmann, des boues secondaires de

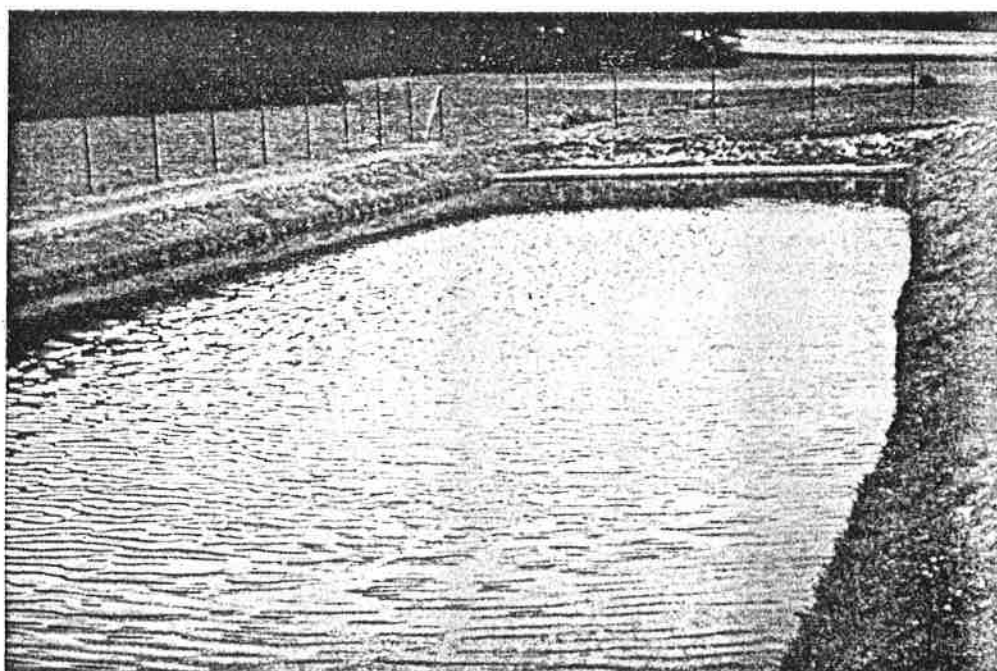


Ensemble BIO-DISQUES.

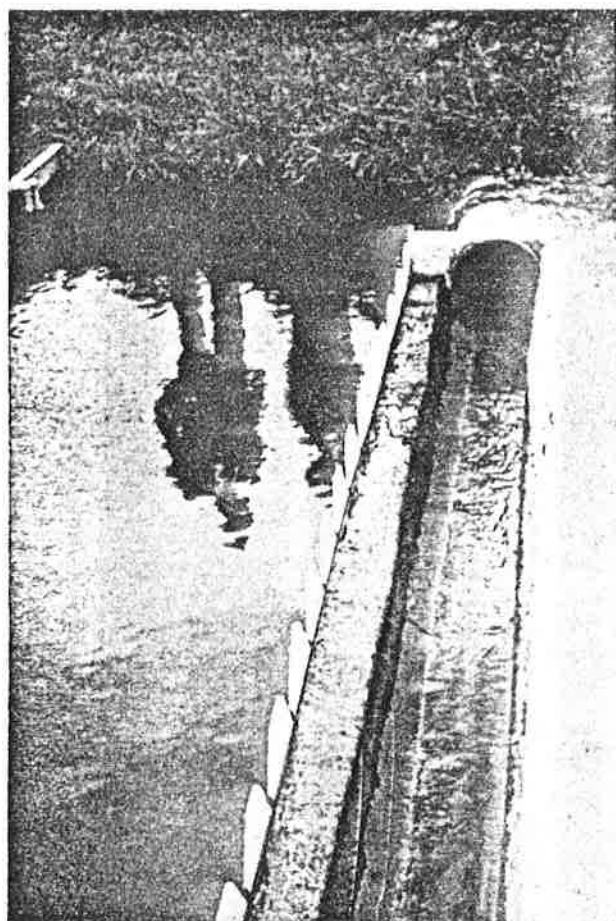
l'ordre de 30 à 40, leur confère une très bonne décantabilité.

Les boues biologiques sont recueillies dans un piège à boues situé à l'entrée de la lagune secondaire et sont recyclées automatiquement dans le premier compartiment de la lagune primaire pour y être traitées.

Par passage dans la lagune secondaire l'eau traitée, débarrassée du floc biologique, subit une épuration naturelle de finition (Polissage). Le temps de séjour important de l'effluent épuré dans l'ouvrage permet d'obtenir une qualité d'eau à des normes inférieures à celles préconisées dans les zones dites de « proximités ».



Lagune secondaire.



Sortie de l'effluent épuré -
Lagune secondaire.

Caractéristiques principales des ouvrages

Lagune primaire

La lagune primaire se présente sous la forme d'un bassin en terre, creusé à même le sol, à talus naturels. Certaines précautions sont à prendre cependant dans le cas de sol très perméable ou dans le cas de la protection d'une éventuelle nappe d'eau souterraine.

Des revêtements comme le béton ou des feuilles de buthyl peuvent être employées. Nous pensons néanmoins qu'un revêtement de protection en argile damé paraît être une solution très avantageuse et efficace.

Un talutage soigné et un engazonnement des berges est conseillé. Toutefois, il ne s'agit pas de s'alarmer outre mesure quant aux risques de pollution des sols environnants car l'expérience a montré que les matières organiques constituent au bout de quelques mois un humus de protection qui imperméabilise les parois. Ceci a été mis en évidence sur les lagunes de Horbourg et Wihr-en-Plaine (Alsace).

La lagune primaire peut être réalisée à une profondeur moyenne de 1,5 mètres.

Bio-disques

Les Bio-Disques sont disposés sur des axes de telle sorte qu'ils forment des ensembles monolithes appelés « tambours ». Plusieurs tambours sont placés en séries et les séries elles-mêmes, selon les cas, peuvent être mises en parallèles.

Les éléments Bio-Disques sont à considérer comme une véritable machine monolithe, fonctionnant en automatisme intégral tant sur le plan de l'oxygénation de la masse bactérienne que celui de la maintenance de l'épaisseur du gazon biologique accroché sur les disques.

En conséquence, aucune intervention n'est nécessaire au niveau des Bio-Disques. Ceci justifie l'absence d'aménagement d'accès à l'intérieur du bâtiment de protection des Bio-Disques. Celui-ci, de construction simple et d'esthétique agréable, assure en outre en période de grands froids une conservation de la chaleur dégagée par le floc bactérien.

La mécanique d'entraînement des Bio-Disques placée à l'intérieur du bâtiment est d'une parfaite accessibilité.

Lagune secondaire

La lagune secondaire présente sensiblement les mêmes caractéristiques que la lagune primaire avec cependant des sujétions de moindre importance en ce qui concerne la protection vis-à-vis du sol.

Sa profondeur est de l'ordre de 1 à 1,5 mètres. Un écoulement laminaire à la sortie est obtenu par une lame déversante dans toute la largeur du bassin. Là encore, nous préconisons l'engazonnement des berges.

Éléments de calcul

Lagune primaire

a) Volume de stockage des boues

La lagune primaire est calculée de façon à pouvoir obtenir une rétention des boues pendant un an, répartie en trois mois de digestion de la production journalière de boues à une concentration C , et en neuf mois de stockage de boues digérées à une concentration C_d .

On peut considérer, approximativement, qu'au bout de 90 jours, les boues en digestion passent de C à C_d à raison de $C/90$ par jour.

Ainsi en appelant B le poids de boues journalier, le volume occupé par 3 mois de boues en digestion est déduit de la relation:

$$V_1 = B \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C + \frac{C}{90}} + \dots \frac{1}{C_d} \right)$$

Au volume V_1 ainsi calculé, il faut ajouter le volume de rétention des boues annuel digérées.

b) Durée de séjour de l'eau

La lagune primaire doit pouvoir assurer une durée de séjour de l'eau d'au moins un jour. Aussi, au volume de stockage des boues calculé ci-dessous, on doit ajouter une capacité supplémentaire calculée sur le volume total des eaux usées admis sur l'installation pendant un jour.

En réseau séparatif, l'expérience a montré qu'une durée de rétention d'un jour, correspondant au volume total journalier des eaux usées, assure d'une part un rendement maximum sur les matières décantables et d'autre part donne un effluent très biodégradable de qualité constante, impliquant des charges spécifiques moyennes sur les Bio-Disques de l'ordre de 8 à 12 g de DBO₅ par m² et par jour.

En réseau unitaire, on admet en général une réserve supplémentaire calculée sur un orage de 20 minutes en prenant un débit maximum de 5 à 20 fois le débit moyen de temps sec.

Ainsi en fonction des débits retenus on pourra donc soit augmenter ou diminuer la capacité de rétention de l'eau dans la lagune.

Exemple de calcul:

A. Réseau séparatif:

- Nombre d'habitants: 1.000
- DBO₅: 60 g/habitant

- M.E.S.: 70 g/habitant
- Volume d'effluent: 150 l/habitant.

A1. Volume de la lagune réservée à la digestion des boues pendant 3 mois

- B_1 — boues primaires: 70 kg/jour
- B_2 — boues secondaires: 60 kg/jour
- C: 40 g/l.

$$V_1 = \frac{B_1 + B_2}{C} + \frac{B_1 + B_2}{C + \frac{C}{90}} + \frac{B_1 + B_2}{C + \frac{2C}{90}} + \dots \frac{B_1 + B_2}{C + \frac{90C}{90}}$$

$$V_1 = \frac{130}{40} + \frac{130}{40 + \frac{40}{90}} + \frac{130}{40 + \frac{2 \times 40}{90}} + \dots \frac{130}{40 + \frac{90 \times 40}{90}}$$

$$V_1 = 130 \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{40,44} + \frac{1}{40,88} + \dots \frac{1}{80} \right)$$

$$V_1 = 130 \times 1,5783$$

$$V_1 = 205 \text{ m}^3.$$

A2. Volume de la lagune réservée au stockage des boues pendant 9 mois

- f_{1m} = fraction minérale de la boue primaire = 0,3
- f_{1o} = fraction organique de la boue primaire = 0,7
- f_{2m} = fraction minérale de la boue secondaire = 0,3
- f_{2o} = fraction organique de la boue secondaire = 0,7
- F_o = fraction organique encore présente après digestion = 0,5
- C_d = concentration des boues digérées = 80 g/L.

$$V_2 = \frac{[(f_{1m} \times B_1 + f_{2m} \times B_2) + F_o (f_{1o} B_1 + f_{2o} B_2)] 9 \times 365}{12 \times C_d}$$

$$V_2 = \frac{[(0,3 \times 70 + 0,3 \times 60) + 0,5 (0,7 \times 70 + 0,7 \times 60)] 9 \times 365}{12 \times 80}$$

$$V_2 = \frac{(39 + 45,5) 3.285}{960} = 289 \text{ m}^3.$$

A3. Durée de séjour de l'effluent

Pour les raisons indiquées plus haut la durée de séjour de l'effluent sera prise à un jour. Le volume réservé à cette rétention sera donc égal à:

$$V_3 = 150 \text{ m}^3$$

A4. Volume total de la lagune primaire

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = 205 + 289 + 150 = 644 \text{ m}^3.$$

B. Réseau unitaire:

Indépendamment de l'augmentation de volume due à des charges de pollution plus importantes, le volume supplémentaire à prévoir correspond en période d'orages, à la rétention des premiers flots les plus pollués et ceci pendant 20 minutes.

En supposant que le débit d'orage est égal à 20 fois le débit moyen de temps sec, la réserve supplémentaire à prévoir sera:

$$v = 20 \times \frac{V_f}{24} \times \frac{1}{3}$$

$$v = 41,5 \text{ m}^3.$$

Bio-disques

Les bio-disques reçoivent un effluent décanté mais dont la fraîcheur est très nettement diminuée de par son temps de séjour important au sein de la lagune primaire et de son contact avec des boues en voie de digestion.

La qualité de cette eau décantée, peut paraître à priori un inconvénient majeur pour son traitement ultérieur.

En réalité, on sait que les petites installations de traitement reçoivent des eaux usées très variables en qualité et en quantité au cours de la journée. Cette variation est un des facteurs déterminants sur la fiabilité des performances souhaitées.

Des dispositifs tels que bassin « tampon » amont, réglage optimum de la recirculation en fonction des débits amonts, etc. permettent d'obtenir des résultats plus ou moins satisfaisants dans ces petites installations.

La constance dans la qualité et la quantité des eaux à traiter est un atout majeur pour obtenir de très bons résultats. Cette constance est obtenue grâce à la lagune primaire dont le volume important conditionne la régularité des débits et dont le rôle de stockage des eaux et des boues à caractère anaérobie produit une eau décantée à potentiel d'oxydo-réduction de valeur constante.

Les Bio-Disques sont donc calculés sur des valeurs de débit moyen et sur des charges spécifiques appliquées faibles. Selon les dimensions de la lagune, on peut retenir des valeurs de l'ordre de 8 à 12 g de DBO₅ par m²/jour.

Les observations sur Bio-Disques alimentés par des lagunes primaires ont permis de constater la très grande régularité du floc biologique tant sur l'épaisseur que sur la structure physique et biologique. Ceci démontre bien l'importance de l'homogénéisation de l'eau obtenue par la lagune primaire.

En travaillant à des charges spécifiques de 8 à 12 g de DBO₅ par m² et par jour, il se produit une stabi-

lisation du floc biologique, ce qui contribue à la diminution de la virulence de la décomposition des matières organiques dans la lagune primaire et empêche, hormis les boues primaires, toute fermentation anaérobie des M.E.S. dans la lagune primaire. Ce phénomène est d'ailleurs comparable aux lits bactériens à faible charge.

Lagune secondaire

Stade ultime du traitement, la lagune secondaire doit permettre par « épuration naturelle » d'éliminer certains sels nutritifs tels que nitrates et phosphates par leur action sur le métabolisme des algues et des micro-organismes présents dans l'eau traitée.

Le calcul de la lagune secondaire doit être effectué à partir de la DBO résiduelle, autorisée selon les prescriptions actuellement en vigueur (circulaire du 7 juillet 1970) obtenue à la sortie des Bio-Disques.

Ainsi dans le cas général, l'affinage du traitement est obtenu avec des charges de l'ordre de 15 à 30 g de DBO par m³ de bassin et dans les cas de zones dites de « proximité » avec des charges de l'ordre de 7 à 15 g de DBO par m³ de bassin. La durée de séjour étant de l'ordre d'un jour, toutes les M.E.S. les plus fines ont eu le temps de décanter dans le bassin. L'effluent ainsi obtenu est totalement débarrassé de matières organiques.

Avantages de la lagune activée

La lagune activée par Bio-Disques réhabilite les actions bénéfiques que nous offre la nature et que l'on a trop tendance à sous-estimer ou même à oublier totalement, sous prétexte que le progrès en matière de traitement des eaux doit nécessairement passer par des technologies complexes aboutissant à la fois à des consommations importantes d'énergie électrique et à des surveillances et des contrôles permanents où l'ordinateur tendrait à remplacer l'homme.

Dans le monde biologique, l'infiniment petit est soumis à une course effrénée et on le confine dans des espaces restreints dans lesquels on lui demande en peu de temps des performances dont des milliers d'analyses prouveraient qu'elles restent très imparfaites.

Sans doute le vrai progrès est-il de laisser « agir » les phénomènes biologiques naturels et leur donner du temps pour accomplir leur action.

A ce titre, la lagune activée est un procédé « non violent ». Certains auteurs comme Clark et Goldsmith rangeraient ce procédé dans la catégorie des « soft-technology ».

Le caractère « naturel » de la lagune activée doit pouvoir être considéré à lui seul comme un avantage primordial dont découlent les principaux qui suivent:

— *Simplicité:*

Aucun ouvrage compliqué, pas de génie civil important. Des matériels tournant en nombre très restreint. Une seule pompe pour une installation de 5.000 habitants. La lagune activée est le seul procédé qui à l'heure actuelle ne demande aucune mesure de boue ni de quantité d'oxygène introduit.

Il n'existe pas dans ce genre d'installation d'introduction forcée de l'oxygène de l'air dans un milieu liquide, donc pas d'asservissement temporaire et absence totale de réglage.

Il est remarquable de noter que le problème lié à l'obtention de boues digérées se limite à une vidange annuelle de la partie stockage de la lagune primaire.

La rusticité de l'ensemble de l'installation ne nécessite pas de personnel qualifié pour en assurer son fonctionnement.

— *Economique:*

Nous n'insisterons pas sur l'économie réalisée par la construction simple des ouvrages ni même par l'absence de lits de séchage.

Sous forme de tableau nous donnerons ci-dessous le bilan des consommations d'énergie électrique d'une installation par lagune activée recevant par jour 135 kg de DBO (environ 2.500 habitants).

| Désignation | Consommation journal. kW | Consommation annuelle kW |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lagune primaire: — Décantation — Traitement des boues | néant néant | néant néant |
| BIO-DISQUES | 48 | 17.520 |
| Recirculation | 3,3 | 1.205 |
| Lagune secondaire: — Traitement tertiaire | néant | néant |
| TOTAL | 51,3 | 18.725 |

Soit une consommation annuelle de 7,49 kW par habitant et une dépense, sur la base de 0,15 F/kW de 1,12 F par habitant.

Ces résultats sont à comparer à ceux obtenus par des systèmes « d'activation » classiques où l'on peut

s'attendre raisonnablement à des bilans 5 à 6 fois plus importants.

— *Souple et fiable:*

La souplesse de fonctionnement d'une installation est un des facteurs essentiels dans le choix de plusieurs solutions.

A cet égard, il est remarquable de noter le souci, fort louable par ailleurs, des utilisateurs de connaître les capacités supplémentaires de traitement de leur station qui a été prévue à l'origine pour une pollution donnée.

Mais on peut se demander jusqu'à quel point on n'oublie pas que les stations d'épuration sont le théâtre de réactions physiques et biologiques lentes qu'on ne peut impunément accélérer à la demande, dès l'instant où des « à coups » de débit et de charge viennent s'ajouter au régime normal de fonctionnement.

La lagune activée, grâce à des volumes importants mis en œuvre, encaissent parfaitement les pointes. Parallèlement à l'effet de « régulation » sur les débits, il faut souligner que la grande fiabilité d'un tel procédé est obtenue par la composition constante de l'effluent après passage dans la lagune. Nous en avons déjà parlé au paragraphe « Eléments de calcul Bio-Disques ».

— *Rendement:*

Sur la DBO₅ les rendements obtenus sont de l'ordre de 97 %. Mais nous ne pensons pas que ce critère soit un des avantages essentiels du procédé. D'autres systèmes de traitement permettent d'atteindre ces performances.

Par contre, la présence de la lagune secondaire qui reçoit, nous le rappelons, un effluent préalablement traité sur les Bio-Disques, permet d'obtenir de très bons rendements sur la bactériologie pathogène.

D'après Monsieur F. Sauze, chargé de Recherche à l'I.N.R.A. (T.S.M. L'eau, juillet 1973, page 317), nous citons:

« Un très grand nombre de rapports d'expérimentations à l'étranger au cours des trois dernières années ont montré que le taux d'élimination des bactéries coliformes et des salmonelles était très voisin de 100 %, avec un nombre résiduel ne dépassant pas 10 au litre dans l'effluent de sortie, alors qu'il reste souvent de l'ordre de 10⁵ à 10⁶ à la sortie des stations secondaires à boues activées. Ces divers résultats recoupent bien ceux obtenus dans les expériences menées en France sur les bassins du Grau-du-Roi (1970-71) et ceux de Marseillan (1972) » ...

... « Si l'on se tourne à présent vers les bassins de maturation, qui peuvent être placés à la suite d'un lagunage secondaire, mais plus souvent encore d'une station classique, les performances sont d'un intérêt encore plus évident. C'est également sur le plan bactérien qu'il est le plus marqué, et beaucoup d'auteurs soutiennent que l'effluent sortant est d'une qualité sanitaire équivalente à celle fournie par un traitement tertiaire avec filtration sur sable suivie de chloration.

En outre, l'efficacité de la chloration, appliquée seule, est estimée par certains auteurs très limitée pour plusieurs germes très résistants, notamment les virus et les mycobactéries. Le procédé est d'ailleurs assez coûteux et présente des risques de destruction de la piscicole dans les milieux récepteurs » ...

Enfin en ce qui concerne l'élimination des nitrites, nitrates et phosphates, nous citons Monsieur Sauze:

... « Dans beaucoup d'installations étrangères, l'élimination des nitrites, nitrates et phosphates s'est également révélée assez poussée. Bien que les résultats soient ici moins constants, il est néanmoins évident et reconnu que le métabolisme des algues et autres micro-organismes présents dans le milieu consomme et transforme une grande quantité de ces sels nutritifs, en particulier pour la constitution de leurs propres cellules. Des oligo-éléments, notamment des métaux lourds toxiques, sont également extraits du milieu et métabolisés par ce processus biologique » ...

Quelques références avec résultats

C'est en Allemagne que l'on peut voir de telles réalisations sur lesquelles des études nombreuses ont été effectuées.

Citons notamment les stations de Tuchenbach, de Steinheim et de Binswangen.

Nous rapportons ci-après les résultats d'analyses du Chemisches Untersuchungslaboratorium - Gunther Ernle à Schiltach.

Station de Binswangen:

| | PH | DBO 5 mg/l | NH ₄ ⁺ |
|--------------------------|------|---------------|------------------------------|
| Entrée lagune primaire | 7,60 | 390 | 170 |
| Sortie lagune primaire | 7,65 | 235 | 140 |
| Sortie disques biolog. | 7,85 | 13 | 16 |
| Sortie lagune secondaire | 8,00 | 11 | 25 |

Conclusion

La lagune activée par Bio-disques, à l'heure de l'économie d'énergie, est semble-t-il, une solution rustique pour traiter à moindre frais les eaux usées des collectivités.

La simplicité de fonctionnement laisse rêveur et aucunes formules mathématiques complexes ne viennent étayer les commentaires ci-dessus.

Le procédé étant naturel, c'est peut-être parce que la nature n'a pas besoin de ces formules pour savoir agir et nous surprendre par les résultats qu'elle accomplit.

Bibliographie sommaire

- F. POPEL: « Leistung, Berechnung und Gestaltung von Tauchtropf Körperanlagen », Munich 1964.
- D. BALLAY: « Rapport de Mission en Allemagne » C.T.G.R.E.F., 14, avenue de St-Mandé, 75012 Paris, juillet 1974.
- P. BROUZES: « Précis d'Épuration Biologique pour boues activées. Technique et Documentation ».
- F. SAUZE: « T.S.M. L'EAU », juillet 1973. « Lagunage des eaux résiduaires ».