



HAL
open science

Épuration des eaux usées par disques biologiques : étude bibliographique, tome 1

A. Liénard, L. Bardeau

► **To cite this version:**

A. Liénard, L. Bardeau. Épuration des eaux usées par disques biologiques : étude bibliographique, tome 1. [Rapport de recherche] irstea. 1993, pp.82. hal-02574633

HAL Id: hal-02574633

<https://hal.inrae.fr/hal-02574633>

Submitted on 14 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

93/0316

EPURATION DES EAUX USEES PAR
DISQUES BIOLOGIQUES

Etude bibliographique

TOME I

Novembre 1993



CEMAGREF

CENTRE NATIONAL
DU MACHINISME AGRICOLE
DU GENIE RURAL
DES EAUX ET DES FORETS

GRUPEMENT DE LYON



CEMAGREF

CENTRE NATIONAL
DU MACHINISME AGRICOLE
DU GENIE RURAL
DES EAUX ET DES FORETS

L. 157

**EPURATION DES EAUX USEES PAR
DISQUES BIOLOGIQUES**

Etude bibliographique

TOME I

Alain LIENARD
Novembre 1993

DIVISION
QUALITE DES EAUX

GROUPEMENT DE LYON
3 bis, quai Chauveau
CP 220
69336 Lyon Cedex 09
Tél. 72 20 87 87
Fax 78 47 78 75

PREAMBULE

Cette étude est réalisée dans le cadre d'une lettre de commande de la SAUR (Société d'Aménagement Urbain et Rural) à l'équipe "Traitement des eaux résiduaires" du CEMAGREF de Lyon.

La SAUR a souhaité faire un point sur l'état de l'art concernant la technique des disques biologiques. Ce procédé est très peu développé en France alors que plusieurs pays européens (Suisse, Allemagne, Italie et Grande Bretagne, notamment) l'ont choisi pour traiter les eaux usées de collectivités parfois importantes. Il n'existe plus en France de constructeurs qui ont développé leur propre technologie en matière de disques biologiques. Ne subsistent sur le territoire national que quelques ensembliers qui distribuent des produits élaborés dans les pays voisins et qui déplorent un désintérêt assez marqué des maîtres d'oeuvre publics ou privés pour ce procédé.

Ce travail a été réalisé avec l'aide d'une étudiante de 3^{ème} année de l'ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles) de Dijon dans le cadre de son stage de fin d'étude. Il a donné lieu à la rédaction d'un mémoire présenté avec succès par Léonie BARDEAU devant un jury, réuni à l'école, le 24 septembre 1993.

Pour limiter le volume des documents à examiner par les membres du jury, l'ENITA demande à ses étudiants de remettre des versions d'une quarantaine de pages auxquelles s'ajoutent des annexes. Il avait été choisi de ne pas amputer la partie expérimentale de ce travail réalisée sur la station d'épuration par disques biologiques de Saint Pierre de Chartreuse qui formait un tout. En revanche, la partie bibliographique réalisée intégralement par Léonie Bardeau avait été très réduite, c'est donc une version bibliographique amendée et corrigée qui est intégrée à ce document. La partie expérimentale a aussi été revue pour compléter et vérifier certains aspects qui, faute de temps, n'avaient pu être suffisamment approfondis.

Léonie Bardeau avait aussi pris contact avec quelques distributeurs de biodisques en France pour leur demander des documentations techniques. Certains d'entre eux, ont répondu tardivement, ils sont mentionnés dans le chapitre "Mises en pratique actuelles" qui constitue la fin de la partie bibliographique. Des photocopies de documents techniques extraits de ces réponses sont reportés en annexe, ils permettent de caractériser sommairement une partie des solutions technologiques disponibles actuellement sur le marché français.

A. LIENARD

TABLE DES MATIERES

BREF HISTORIQUE	1
1- ELIMINATION OU DEGRADATION DE LA MATIERE ORGANIQUE.....	3
1-1 Paramètres indicatifs de la pollution organique.....	4
1-1.1. D.B.O.5 (Demande Biochimique en Oxygène en cinq jours).....	4
1-1.2. D.C.O. (Demande Chimique en Oxygène).....	5
1-1.3. C.O.T. (Carbone Organique Total).....	5
1-1.4. M.E.S. (Matières En Suspension).....	5
1-2 Localisation des disques dans la station et recirculation.....	5
1-2.1. Position des disques.....	5
1-2.2. Recirculation de l'effluent.....	7
1-3 Critères de dimensionnement par rapport à la matière organique.....	7
1-3.1. Modèles.....	7
1-3.1.1. Paramètres utilisés.....	7
1-3.1.2. Différents modèles existants.....	8
1-3.2. Recommandations.....	11
1-4 Performances attendues.....	12
1-4.1. Rendements.....	12
1-4.2. Normes de rejets.....	12
1-4.3. Production de boues.....	13
1-4.4. Consommation d'énergie.....	13
1-5 Facteurs susceptibles d'affecter les performances.....	13
1-5.1. La température.....	13
1-5.2. Le pH.....	14
1-5.3. Oxygène Dissous.....	14
1-5.4. L'hydraulique du système.....	15
1-5.4.1. Type de l'écoulement.....	15
1-5.4.2. Charge hydraulique.....	15
1-5.4.3. Temps de rétention.....	15
1-5.4.4. Nombre d'étages.....	16
2- TRAITEMENT DE L'AZOTE.....	16
2-1 Nitrification.....	16
2-1.1. Conditions propices à la nitrification.....	17
2-1.1.1. Epaisseur de la biomasse.....	17
2-1.1.2. Charges organique et hydraulique.....	17
2-1.1.3. Position dans le traitement.....	17
2-1.2. Critères de dimensionnement par rapport à l'azote.....	18
2-1.3. Influence sur la production de boues.....	19
2-1.4. Facteurs susceptibles d'affecter les performances.....	19
2-1.4.1. Vitesse de rotation.....	19

2-1.4.2. Filtration préalable.....	19
2-1.4.3. Recirculation.....	19
2-1.4.4. Inversion périodique du sens d'écoulement.....	20
2-1.4.5. Température.....	20
2-1.4.6. Produits ajoutés.....	20
2-2 Dénitrification.....	21
2-2.1. Dans les couches profondes du biofilm.....	21
2-2.2. Dans des unités spécifiques placées en anaérobiose.....	21
3- MISES EN PRATIQUES ACTUELLES.....	22
3-1 Matériaux et formes utilisés.....	22
3-1.1. Matériaux des différents organes.....	22
3-1.2. Forme des disques.....	22
3-2 Dimensions.....	23
3-3 Mécanique.....	23
3-3.1. Vitesses de rotations.....	23
3-3.2. Entraînements.....	24
3-3.3. Ennuis divers.....	24
3-4 Les coûts.....	25
3-5 Recommandations générales.....	26
3-6 Techniques particulières.....	27
3-6.1. Prétraitement.....	28
3-6.2. "Packed cage".....	28
3-6.3. Bioline.....	29
3-6.4. Abattement de la matière organique en anaérobiose.....	29
3-6.5. Stations préfabriquées.....	30
3-6.6. Traitement d'eaux salines.....	30
3-6.7. Lagunage activé par biodisques.....	30
3-6.8. Abattement de phosphore par ajout de flocculants.....	31
3-7 Quelques distributeurs présents sur le marché français.....	31
3-7.1. COSME.....	31
3-7.2. KLARGESTER.....	31
3-7.3. LEITNER.....	32
3-7.4. MECANA.....	33

ANNEXES

Annexe 1 : Documents de la société COSME.....	35
Annexe 2 : Documents de la société S2M.....	40
Annexe 3 : Documents de la société LEITNER.....	46
Annexe 4 : Documents de la société MECANA.....	56
Annexe 5 : Documents de la société IDEE - Procédé Bioline.....	64

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BREF HISTORIQUE

La technique des disques biologiques en épuration est relativement ancienne puisque l'idée en reviendrait à Travis en 1900. Elle a ensuite été développée, à la fin des années vingt, par Doman en Grande-Bretagne et Anon aux Etats-Unis. Leurs travaux sont restés inconnus jusque dans les années soixante, lorsque Hartmann, en Allemagne, commença à étudier ce procédé. Il fut le premier à proposer des abaques pour le dimensionnement de stations d'épurations à biodisques, abaques encore actuellement utilisés. Associé à Pöpel, la commercialisation fut développée au travers de la société ouest allemande Stengelin. Le procédé se répandit largement en Europe et les effets de plusieurs variables furent étudiés. Un développement équivalent eut lieu aux Etats-Unis suite aux travaux de Welch pour Allis-Chalmer. Par ces diverses recherches, plusieurs systèmes ont été développés ensuite sous le nom de biodisques, équivalents, tout en restant rigoureusement différents quant à leur conception.

La première génération de disques installés en France s'est montrée efficace mais largement déficiente du point de vue mécanique (constructions entre les années 1972 et 1976) : rupture d'axes et de systèmes d'entraînement largement sous dimensionnés ont rapidement terni la réputation du procédé. L'expérience française en est donc restée là, alors que d'autres pays (U.S.A., Australie, Japon, Norvège, Grande Bretagne...) continuaient l'expérimentation ; l'Angleterre, pour sa part, ayant appliqué des charges moindres, n'a pas eu les mêmes expériences négatives. Ces pays ont donc étudié et amélioré la partie mécanique des disques déjà existants, mais ont aussi développé d'autres domaines d'utilisation pour lesquels les biodisques se montraient efficaces, économiques et d'un entretien assez aisé.

Leur aspect modulaire et la diversité des adaptations possibles (montages en série ou en parallèle de plusieurs unités) en faisaient un produit adapté à des collectivités de tailles très variables.

Enfin, il intègre des avantages propres aux procédés biologiques de type "cultures fixées", à savoir adaptation aux surcharges hydrauliques, maîtrise des boues et consommation énergétique supposée moindre que celle des systèmes en cultures libres.

Ce document peut donc être considéré comme un "catalogue" (pas nécessairement exhaustif, à cause du temps limité qui lui a été consacré) de l'utilisation des disques biologiques, à partir de travaux sur pilotes ou d'équipements existant actuellement sur le marché. Du point de vue bibliographique, l'accent a surtout été mis sur la technique "classique" en France, c'est à dire la dégradation de la matière organique et oxydation des composés azotés. Certaines utilisations spécifiques sont toutefois abordées sommairement.

L'étude se limite au traitement des effluents strictement domestiques, plutôt des petites collectivités, ce qui semble être le marché le plus adapté pour le développement de cette technique en France.

I - BIBLIOGRAPHIE.

A l'origine, un disque biologique (ou biodisque) est un ensemble de disques au sens propre du terme, assemblés sur un même axe. Cet axe est fixé au-dessus d'une cuve, dans laquelle passe le liquide à traiter. Entraîné par un moteur, cet axe induit la rotation des disques. Sur ces derniers, se fixent sans ensemencement préalable des bactéries et leurs prédateurs immédiats qui forment la zooglye, appelée aussi gazon biologique ou encore biomasse fixée.

Il semblerait, d'après le Groupe Teknika (1988), que la fixation de ces bactéries résulte de la combinaison de différentes forces : attraction électrostatique, interaction hydrophobe, forces de Van der Waals, mouvement Brownien, produisant ainsi une attache permanente ou provisoire. La rotation des disques permet des expositions successives de la biomasse dans l'air et dans l'eau résiduaire. Les micro-organismes vont alors pouvoir puiser leur nourriture (matière organique, différentes formes azotées et phosphorées) dans l'effluent, et l'oxygène dans l'air.

En fonction de son épaisseur et donc de la faculté qu'aura l'oxygène de parvenir, par diffusion, dans ses différentes strates, le biofilm est le siège de réactions biochimiques complexes résumées par la figure reportée page suivante (extraite du rapport abrégé remis par le groupe Teknika au Ministère de l'Environnement et à la Société Québécoise d'Assainissement des Eaux, document fourni par la SAUR).

Différents auteurs donnent l'épaisseur approximative du biobilm.

Paolini et Variali (1980), pour des stations pilotes traitant des effluents industriels, annoncent 235 μ pour l'épaisseur de biofilm actif.

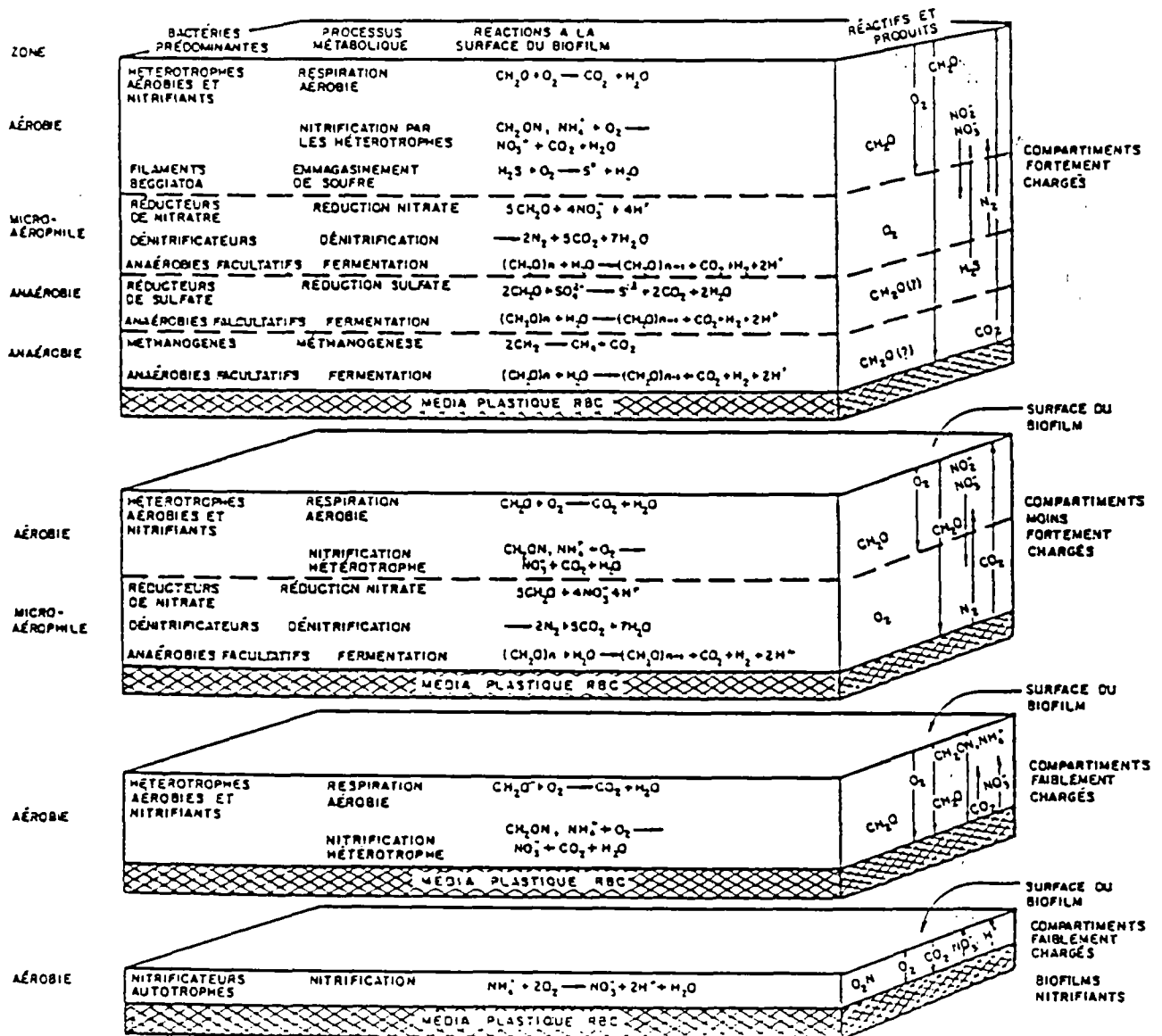
Capdeville et al. (1981) annoncent que l'épaisseur active du biofilm reste constante et de l'ordre de 100 à 150 μ pour des conditions données d'aération et de concentrations en oxygène dissous de 1 à 5 mg/l..

Lorsque la couche de biomasse est trop importante, les forces de cisaillement deviennent prédominantes et provoquent le détachement d'une partie des bactéries.

La génération suivante de disques a cherché à augmenter la surface utile par unité de volume, et est donc visuellement différente de la première. Ces disques ont l'apparence de courts cylindres constitué d'un matériau synthétique formant des "tubes" de même direction générale que l'axe, à l'intérieur desquels se fixe la biomasse.

Parallèlement à cette technique, s'est développé, en Grande Bretagne surtout, le "cylindre biologique" (packed-cage ou rotative drum en anglais). Il est constitué d'une cage cylindrique grillagée, contenant du matériau (plastique) en vrac ou fixé.

Ces trois formes sont contenues dans le vocable "disque biologique", bien que la deuxième semble être la plus employée actuellement.



Zones microbiennes et réactions biochimiques dans le biofilm des disques en fonction de la charge appliquée

1- Élimination ou dégradation de la matière organique.

L'élimination de la matière organique a été le premier but d'utilisation des biodisques (et de tous les premiers systèmes d'épuration). Elle est due aux bactéries des couches superficielles du biofilm, utilisant l'oxygène comme accepteur final d'électrons de leur respiration et la matière carbonée comme source d'énergie. Seule la partie extérieure du biofilm, épaisse de 20 à 600 microns, est active pour ce processus, malgré une épaisseur totale pouvant varier de 0.07 à 4 mm, l'oxygène n'atteint pas les couches profondes.

Nous ne traiterons ici que de l'élimination à dominante aérobie de la matière organique, les utilisations particulières des disques en milieu complètement anaérobie étant abordés plus loin (chapitre 3-6).

Des paramètres précis sont utilisés, toujours plus affinés pour obtenir le dimensionnement des stations, suivant les normes établies dans le pays et les différents facteurs influant sur les performances.

1-1 PARAMETRES INDICATIFS DE LA POLLUTION ORGANIQUE.

Ils seront brièvement présentés ci-après ainsi que les normes analytiques définies par l'AFNOR utilisées par le laboratoire de chimie des eaux du CEMAGREF. Quelques compléments d'informations trouvés dans des articles relatifs aux disques biologiques seront ajoutés le cas échéant lors de l'énumération rapide de ces paramètres.

1-1.1. D.B.O.₅ (Demande Biochimique en Oxygène en cinq jours).

La D.B.O. vise à reconstituer en laboratoire les phénomènes de dégradation qui ont lieu dans le milieu naturel. Les résultats obtenus sont la résultante d'un ensemble d'actions biologiques et chimiques, elle représente donc la fraction de la pollution dégradable par voie biologique. Elle peut être mesurée après différentes durées d'incubation. La plus utilisée (pour les diverses normes entre autres) se mesure après cinq jours, d'où son appellation de D.B.O.₅. Il peut parfois être utile de connaître la DBO ultime, c'est à dire après 21 jours.

Cette mesure tient cependant compte de l'oxydation de trois catégories de molécules : la matière organique en suspension (MES), la matière organique soluble et l'azote. La DBO₅ est déterminée par dilution d'après la norme NF T 90-103.

Afin d'être plus précis dans ces mesures, la méthode a été affinée. On a commencé par bloquer l'oxydation de l'azote, dès l'échantillonnage, en éliminant les bactéries nitrifiantes par acidification du milieu ou par ajout d'allylthiourée.

On a ensuite empêché la prise en compte des matières en suspension (M.E.S. ou Suspended Solids en anglais) en filtrant l'échantillon. Cette filtration peut être plus ou moins poussée (uniquement les M.E.S ou y compris les colloïdes) suivant la maille du filtre utilisé. On parle alors de D.B.O.₅ Soluble (SBOD₅ en anglais). D'après le Gouvernement du Québec (1992), le WPCF établit à 40% le pourcentage de DBO₅ soluble par rapport à la DBO₅ brute.

Lorsque le rapport DBO₅ Soluble/ DBO₅ Totale est de l'ordre de 60%, l'effluent est équivalent à un mélange domestique/industriel (Norouzian et al., 1984).

1-1.2. D.C.O. (Demande Chimique en Oxygène).

La D.C.O. (COD en anglais) représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de tous les composés organiques, qu'ils soient ou non biodégradables. Des composés azotés, certains noyaux aromatiques et certaines chaînes aliphatiques peuvent échapper à l'oxydation. Elle est actuellement conseillée comme plus fiable que la D.B.O. On a donc tendance à mesurer la DCO soluble (même définition que la DBO soluble), tout en conservant la DBO₅. En effet, le rapport DCO/DBO₅ est représentatif de la biodégradabilité de l'effluent. Elle est déterminée selon les prescriptions de la norme NF T 90-101

1-1.3. C.O.T. (Carbone Organique Total).

Le C.O.T. représente, par définition, uniquement le carbone organique. Il est de plus en plus utilisé, et obtenu par minéralisation du carbone organique par oxydation chimique et utilisation d'ultraviolets ou par combustion. Le CO₂ obtenu est détecté par infra rouge.

1-1.4. M.E.S. (Matières En Suspension).

Les M.E.S. sont mesurées selon 2 méthodes définies dans la norme NF T 90-105 : filtration sur disque filtrant en fibres de verre pour les eaux faiblement chargées ou par centrifugation lorsque la durée de filtration doit être supérieure à 1 heure.

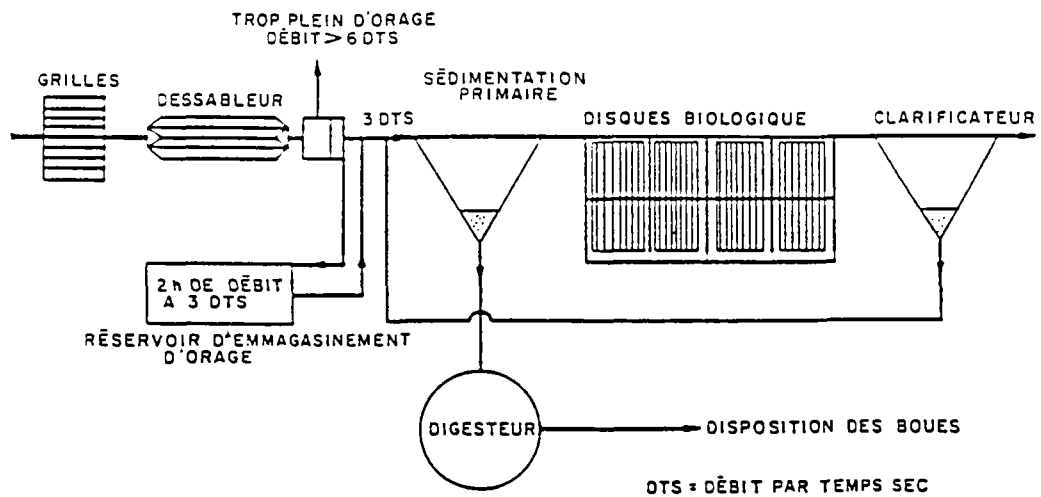
Les M.V.S. (Matières Volatiles en Suspension) sont la partie organique des M.E.S. Un rapport MVS/MES de 0.72 est typique d'un effluent domestique (Norouzian et al., 1984).

Les M.E.S. participent en grande partie à l'augmentation de la DBO₅ totale. Tanaka et al. (1987) constatent dans leur étude de trois stations que 60 à 70% de la DBO₅ totale de l'effluent de sortie est due aux MES. Toujours dans cette étude, 30% des MES de sortie étaient de fines particules avec une vitesse de sédimentation inférieure à 10 à 15m/j.

1-2 LOCALISATION DES DISQUES DANS LA STATION ET RECIRCULATION.

1-2.1. Position des disques.

Les disques sont généralement situés après un étage de traitement primaire, en évitant tout traitement anaérobie. Suit ensuite une décantation secondaire, permettant l'élimination de la biomasse décrochée des disques. D'autres ouvrages peuvent aussi s'y ajouter. D'après le Gouvernement du Québec (1988), les constructeurs et l'EPA recommandent un bassin d'égalisation ou l'utilisation lors de la conception, d'un débit supérieur (formule A), si le coefficient de pointe (rapport du débit de pointe sur le débit moyen) dépasse 2,5. Différentes formules de calcul sont présentées avec la figure de la page suivante (formule B recommandée par la Wessex Water Authority).



formule "A"

$$Q \text{ (m}^3\text{/d)} = 3PG + 3E + I \text{ (ou } 3 \times \text{DTS)}$$

formule "B"

$$Q \text{ (m}^3\text{/d)} = 1,36P + PG + 3E + I \text{ (ou } 6 \times \text{DTS)}$$

- avec P = population
 G = débit unitaire (m³/d/pers.)
 E = débit commercial (m³/d)
 I = infiltration (m³/d)
 DTS = débit par temps sec (m³/d)

Disposition des disques dans une unité de traitement et formules de dimensionnement hydraulique.

Wang et al. (1984) signalent que le décanteur primaire n'est pas obligatoire alors que le secondaire est indispensable pour la séparation des boues produites par les disques.

Par contre, la présence de grandes quantités d'huile et graisses affectent le fonctionnement des disques. Le dégraissage doit donc être réalisé à l'amont du traitement biologique, que ce soit au niveau du décanteur primaire ou dans un ouvrage à part (Groupe Teknika, 1988).

Un dessablage est nécessaire pour un réseau ancien (réseau combiné ou en mauvais état) mais peut être négligé dans le cas d'un réseau neuf.

Ce même groupe (1988) signale que certains suggèrent la suppression du traitement primaire lorsque l'effluent d'entrée a une faible charge en matière organique, mais préconisent alors un dégrillage fin. Il ajoute cependant que des études démontrent une nette amélioration de la qualité de l'effluent de sortie en présence d'un décanteur primaire. De plus, l'absence de décanteur primaire oblige à augmenter la surface de disques.

Dans les très petites installations, les anglais utilisent souvent une fosse septique comme traitement primaire, voire même comme stockage des boues secondaires, solution jugée peu satisfaisante par les rédacteurs des rapports remis au Ministère de l'Environnement du Québec et à la Société Québécoise d'Assainissement des Eaux. A juste titre, semble-t-il.

Ces éléments en partie contradictoires doivent donc inciter à la prudence et il est donc recommandé de faire précéder une unité de disques d'ouvrages de prétraitement et décantation primaire. Cette dernière pouvant être assurée par un ouvrage rustique du type "lagune de décantation". Il faudra alors s'assurer que la reprise des boues peut être effectuée dans des conditions satisfaisantes.

1-2.2. Recirculation de l'effluent.

La recirculation de l'effluent permet d'augmenter le taux d'oxygène dissous au premier étage et d'assurer une meilleure répartition de la charge, lorsque les débits admis sont faibles et les eaux usées concentrées et septiques (Consultants BPR, 1992) et uniquement pendant ces périodes.

Avec l'augmentation de la concentration en DBO_5 , la limitation en oxygène augmente. C'est pourquoi Ball (1982) avance que, probablement, la recirculation pourrait favoriser un déplacement des propriétés des bactéries ; si ce déplacement favorise des bactéries qui étaient limitées en oxygène, l'effet peut s'avérer positif. Par contre, si la limitation est due à un manque de substrat, la recirculation ne ferait qu'augmenter cette limitation ; elle est donc alors fortement déconseillée. Des résultats positifs peuvent aussi se produire si la recirculation transforme la situation de limitante en oxygène à limitante en substrat.

Selon Bruce et al. (1982), la recirculation peut être utilisée lorsque l'effluent est très concentré ou septique. Il faut remarquer que ces auteurs parlent des stations du Royaume Unis, où il est fréquent d'utiliser des fosses septiques comme traitement primaire.

1-3 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT PAR RAPPORT A LA MATIERE ORGANIQUE.

1-3.1. Modèles.

1-3.1.1. Paramètres utilisés.

Les premiers modèles utilisés étaient basés sur la charge hydraulique appliquée. La concentration en substrat de l'effluent s'est ensuite montrée être une base plus juste. Stover et al. (1982) signalent cependant que d'autres pensent que le paramètre qui déterminerait la diminution de matière organique serait le temps de rétention ou contact entre l'eau et la biomasse, ce qui est lié à la charge hydraulique. En fait, ce serait la charge organique appliquée (masse de DBO_5 par unité de surface biologique) qui serait la plus représentative, ce qui expliquerait que le débit et la concentration soient liés à l'efficacité du procédé.

Stover et al. (1982) remarquent que les modèles qui considèrent une réaction d'ordre 1 ou 2 ne tiennent pas compte de la charge initiale de l'effluent, ni des attentes en sortie. Ils notent aussi qu'il existe des changements de pente dans les différents étages de disques lorsqu'on utilise le modèle de réaction d'ordre 1 ; il faut donc utiliser une constante cinétique pour le premier étage, une seconde pour les étages suivants et une réaction d'ordre 0 lorsqu'on est à saturation en substrat ou limité en oxygène. L'unique avantage de la cinétique d'ordre 2 sur celle d'ordre 1 est de pouvoir n'utiliser qu'une constante pour tous les étages.

Filion et al. (1977) ajoutent que les paramètres utilisés dans ces modèles sont, au mieux, estimés, donc induisent des faiblesses. De plus, ces valeurs ne peuvent décrire les relations dynamiques entre l'entrée et la sortie quand de fortes variations existent en entrée. L'estimation de la stabilité pour un disque ne peut être obtenue qu'avec des techniques qui résolvent la réponse à des opérations non quasi-statiques. Filion propose la "time series analysis" pour décrire les dynamiques du procédé.

1-3.1.2. Différents modèles existants.

Beaucoup de publications basent leurs modèles cinétiques ou mathématiques sur l'équation de Monod :

$$\mu = S * \mu_{\max} / (K_s + S)$$

où :

- μ = taux de croissance spécifique (en s^{-1})
- μ_{\max} = taux maximum de croissance spécifique (en s^{-1})
- S = concentration de substrat limite (en g/m^{-3})
- K_s = constante de saturation (en g/m^{-3})

Celle-ci décrit en effet très bien le taux croissance des micro-organismes sur le support. Elle est, de plus, utilisée pour décrire le taux d'utilisation du substrat.

Il existe actuellement trois types de modèles pour le dimensionnement des stations : empiriques, cinétiques, mathématiques.

Les constructeurs utilisent exclusivement les modèles empiriques, celui de Hartmann (cité avec son abaque par D. Ballay en 1974) étant préféré. Ces modèles généralisent ou simplifient des réactions complexes en ramenant les phénomènes à des expressions simples, ce qui fait douter de leur application universelle.

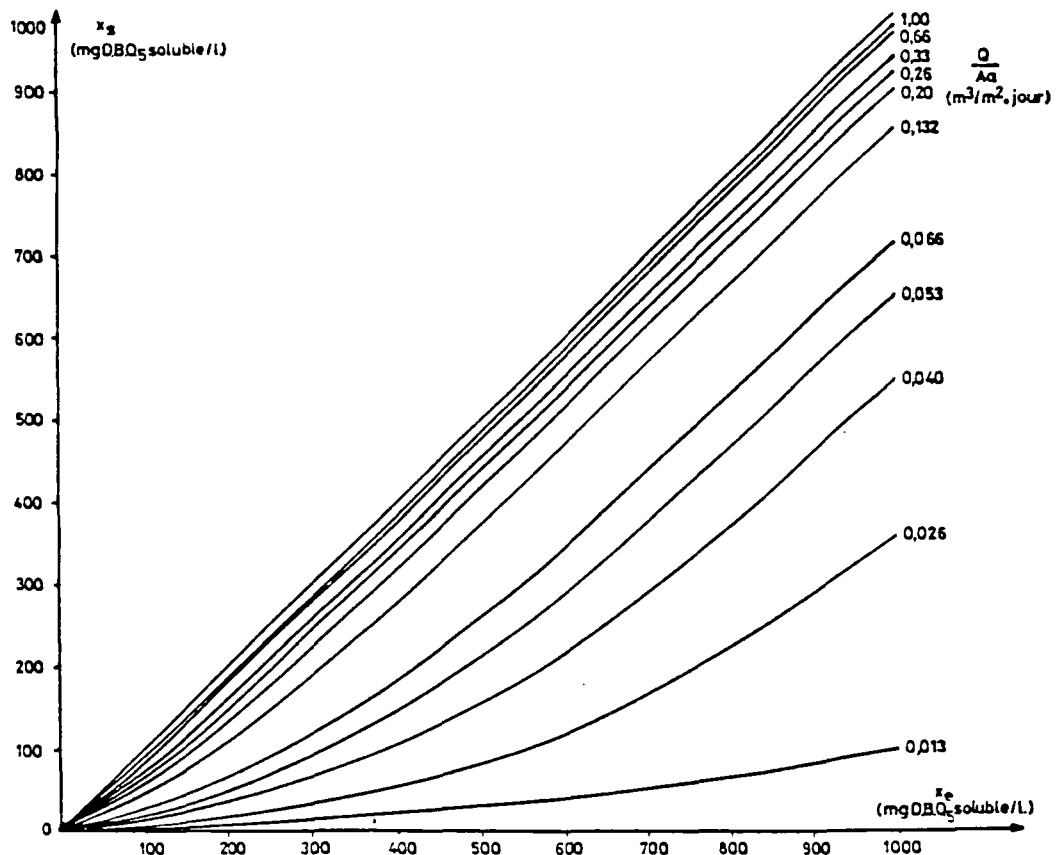
MODELE DE HARTMANN

Le modèle de Hartmann est constitué d'un ensemble de courbes donnant la concentration de l'eau épurée à partir de la charge surfacique appliquée sur les disques, selon la concentration initiale de l'eau à traiter. Ces courbes ayant été obtenues pour une station à deux étages, un coefficient correcteur, à appliquer sur la surface nécessaire, a été défini pour les stations comportant plus de deux étages. Ce coefficient diminue avec le nombre d'étages, indiquant que l'on a intérêt à augmenter la quantité de compartiments. De même, pour les petites communautés, de fortes fluctuations de charges existent. Un second coefficient a donc été défini, toujours à appliquer sur la surface nécessaire, qui va dans le sens inverse du nombre de personnes raccordées. L'abaque de Hartmann a été vérifié en 1976 par Tan et al.

Les modèles cinétiques sont basés sur la réaction apparente et la cinétique de réaction. Ils sont très souvent incomplets car simplifiés pour rendre les calculs possibles (Filion et al., 1977) donc très approximatifs. Ils n'ont, de plus, pour la plupart pas été validés pour un grand nombre de données et stations, ce qui explique qu'ils ne soient pas utilisés pour le dimensionnement des stations. Tanaka et al. (1987) ont validé le modèle de Rittmann et Mc Carty sur une des trois stations qu'ils ont étudiées ; ce modèle en prédisait effectivement bien la DBO5 soluble à 7°C et 20°C ; ils n'ont cependant pas pu le confirmer pour les deux autres stations. Suivant Stover et al. (1982), les relations de type Monod de la DBO éliminée comme fonction de la DBO appliquée (qu'ils préconisent donc) permet des prévisions de diminution de DBO pour toute charge appliquée et donnent aussi le meilleur rendement d'élimination de la DBO.

CAPDEVILLE ET AL. (1981).

Diverses hypothèses de départ ont été retenues pour donner un modèle simple de dimensionnement des stations à disques. L'écoulement est supposé parfaitement mélangé et des cinétiques d'ordre 0 et 1 sont utilisées. Les résultats sont comparés à ceux obtenus à partir des abaques déjà existants. Une méthode graphique est ici proposée.



Evolution de la concentration en sortie (x_s) en fonction de la concentration d'entrée (x_e) pour différentes charges hydrauliques superficielles.

Aa = Surface active totale des disques d'un réacteur (m²)

Q = Débits d'alimentation du réacteur (m³. jour⁻¹)

Le rendement d'épuration est plus influencé par les variations de débit à x_e constant que par les variations de concentration en entrée (à Q/Aa constant). On en déduit que le recyclage d'une partie de l'effluent en entrée est à proscrire.

PAOLINI ET VARIALI

Ils utilisent (1982) le modèle de pseudo équilibre et uniquement les valeurs des stations (stations pilotes traitant des effluents industriels) dont les résultats n'étaient pas perturbés par le nombre d'étages. Pour une réaction d'ordre 0 (temps de séjours inférieurs à 0.5 jours), la cinétique d'épuration suit la cinétique d'une station à boues activée équivalente. Le modèle utilisé donne de très bonnes prédictions pour des concentrations en DBO_5 de 20 à 500 mg/l. Pour des valeurs plus importantes, les résultats expérimentaux sont moins bons que ceux prédits par le modèle (d'après les auteurs, ce constat serait dû à une limitation en oxygène). Ils en concluent que les valeurs obtenues pour les constantes cinétiques des boues activées peuvent être utilisées pour les systèmes à biomasse fixée.

Les modèles mathématiques sont basés sur les précédents, mais incorporent les transferts de substrat et d'oxygène avec les cinétiques de croissance. Ils restent pour la plupart à l'état expérimental.

MODELE DE CLARK ET MOSENG

Clark et Moseng (1978), voulaient donner des critères de dimensionnement, venant de la théorie et de la pratique, à l'aide d'un système applicable à chaque étage de la station et non simplement sur l'ensemble de la filière. Ils utilisent le modèle de Kornegay, avec quelques modifications. Le modèle issu de leurs travaux, toujours d'après les auteurs, décrit bien l'élimination de matière organique, sur les deux premiers étages, tant que la nitrification reste faible. On peut l'appliquer pour connaître la surface nécessaire pour atteindre un certain degré de traitement pour une station à étage unique ou pour chaque compartiment.

MODELE DE BORCHI ET AL.

Ces auteurs ont développé, en 1985, un modèle mathématique pour le dimensionnement des stations à disques biologiques. Ils se sont pour cela appuyés sur l'équation de Michaelis-Menten. Le modèle semble suivre les résultats obtenus (en station pilote) pour des rejets domestiques ou industriels de faible concentration en DBO_5 .

MODELE DE WILSON.

Wilson, en 1988, a utilisé une régression linéaire, suivant le modèle de Stover Kincannon de 1982, pour trouver une relation simple (relation linéaire) entre le COT et la DCO puis la DBO et le COT. Il teste ce modèle en 1993. Il en conclut que le modèle de Stover-Kincannon prédit bien la diminution de charge dans pratiquement toute la gamme étudiée et se montre très utile pour des charges élevées.

MODELE DE VAIDYA ET PANGARKAR

Ces auteurs (1987) ont proposé une extension aux modèles déjà existants, prenant en compte une répartition non homogène de la biomasse sur les disques.

A partir des différents modèles mathématiques existants, diverses personnes ont créé des logiciels permettant de modéliser l'écoulement ou l'épuration dans un système à disques.

LUMBERS-TIPADIS

Un modèle mathématique est développé par Lumbers en 1987, et Tipadis y a ajouté, en 1991, la fonction de nitrification. Lumbers et Tipadis (1993) ont développé un logiciel, nommé BoBiC, permettant de prédire le comportement des biodisques sous différentes charges. Les paramètres considérés comme les plus influents sont les suivants : coefficient de disparition du substrat, coefficient de semi saturation pour la diminution de substrat, coefficient d'utilisation de l'oxygène, épaisseur du film liquide exposé et épaisseur du biofilm. Le modèle a été expérimenté en état dynamique et d'équilibre.

GUJER-BOLLER

Ces auteurs (1990) se sont basés sur la description de la transformation et les procédés de transport, comme pour les systèmes à biomasse en suspension. Certaines hypothèses de travail sont à remarquer. La biomasse est considérée comme uniforme sur la surface des disques (ce qui n'est pas tout à fait vrai), l'effluent est considéré comme en mélange intégral, on suppose une diffusion moléculaire des composants solubles et un déplacement de la biomasse fixée. La DCO lentement biodégradable n'est pas prise en compte, les procédés d'hydrolyse sont négligés et l'azote organique soluble est négligé, pour simplifier les calculs. Ce logiciel n'était pas encore fiable mais pourrait s'avérer très utile dans l'avenir.

1-3.2. Recommandations.

Elles sont émises par les différentes autorités territoriales concernées et se basent d'une part sur les modèles confirmés et expériences passées et d'autre part sur la qualité et la capacité autoépuration des cours d'eau récepteurs. Elles sont réunies dans le tableau suivant

A prendre en compte pour le dimensionnement				
		Grande Bretagne		Québec
	l / j / hab	180		250
	g DCO / j / hab.			125
	g DBO ₅ / j / hab.	60		50
	g MES / j / hab.			60
	g MVS / j / hab.			42
	g Nk / j / hab.			10
	g NH ₄ -N / j / hab.			4
	g Pt / j / hab.			2
Recommandé pour le dimensionnement				
		Grande Bretagne		Québec
	g DBO ₅ / m ³	5		
	g DBO ₅ / m ² .j	5 après décantation		< 12
		7.5 sans décantation		

Pour Stover et al. (1982), le problème majeur du dimensionnement est dû à la demande et aux caractéristiques de transfert en oxygène. La charge en substrat sur le premier étage doit être limitée à des valeurs compatibles avec les possibilités de transfert d'oxygène.

Wang et al. (1984) préconisent des charges organiques et hydrauliques maximales de 4.9 à 14.6 g DBO₅Soluble/m².j et 0.03 à 0.16 m³/j/m² de surface de disque.

Selon le Groupe Teknika (1988), il faudrait limiter la charge sur le premier étage des biodisques à moins de 12 g DBO₅/m².j, pour y éviter un manque d'oxygène. De même, il préconise de prendre en compte les charges des retours dans les bilans des charges appliquées et d'éviter, tant que faire se peut, les retours brusques de charges au premier étage. Reprenant certaines conclusions de ce rapport les Consultants BPR (1992) ajoutent que plus de 50 % du support du 1^{er} étage ne doivent pas être requis pour l'élimination de la DBO.

P.Boutin (1976) suggère une surface efficace de 2 m² par habitant raccordé. D.Ballay (CEMAGREF, 1974) rapporte, pour l'Allemagne, des surfaces utiles de 2m²/habitant pour une station à 3 ou 4 étages et un rendement de 90%, et 1m²/habitant pour une station en 2 ou 3 étages et un rendement de 80% (ces chiffres sont donnés par l'ATV en 1967).

Il faut noter que les odeurs ne sont un problème qu'en cas de surcharge des disques ou de développement de conditions septiques suite à un entretien inadéquat.

La forme de la cuve ne semble pas influencer sur le traitement. Par contre, le rapport de la surface active sur le volume de la cuve est important. Le rapport optimal est d'environ 204 m²/m³ (Consultants BPR, 1992). Un espace de 100 à 230 mm est recommandé entre le fond du bassin et le support afin de limiter les dépôts tout en conservant une vitesse suffisante au fond des cuves.

1-4 PERFORMANCES ATTENDUES.

1-4.1. Rendements.

Wang et al. (1984) avancent des rendements en DBO₅ de 80 à 90%, MES 80 à 90%, ammoniacale jusqu'à 95%.

1-4.2. Normes de rejets.

Elles sont différentes pour chaque pays, à titre d'exemple on se reportera au tableau suivant :

Normes de rejets				
Paramètres	Angleterre		Japon	USA
mg DBO ₅ /l	20 pdt 95% du tps	d'où 11 max. en moyenne	20	10 en été 20 en hiver
mg MES/l	30 pdt 95% du tps	d'où 17 max. en moyenne	70	
mg N-NH ₄ /l				2 en été 5 en hiver
mg O ₂ dissous/l				6 en été 8.5 en hiver

1-4.3. Production de boues.

Plus les conditions sont proches de l'idéal et plus la production de boues par unité de DBO₅ d'entrée est faible. La quantité et la qualité dépendra de l'effluent d'entrée.

P.Boutin (1976) annonce, pour le cas de l'Allemagne, une production de 1 kg/kg de DBO₅ éliminée, pour un rendement de 80%, et 0.8 kg/kg de DBO₅ éliminée, pour un rendement de 90 % ou plus. D.Ballay (CEMAGREF, 1974) rapporte les mêmes chiffres, provenant de l'ATV (1967).

D'après le Groupe Teknika (source EPA, 1988), une station à disques construite pour une diminution de 80% de la DBO₅, devrait produire 0.7 kg de boue par livre de DBO₅ enlevée, soit environ 1.54 kg de boues par kilogramme de DBO₅ enlevée. Les boues sont denses et décantent bien : pour un soutirage régulier des boues (journalier), on peut compter sur une concentration de l'ordre de 3-4%. Wang et al. (1984) annoncent des productions moitié moindres, de l'ordre de 0.4 à 0.5 kg/kg DBO₅ éliminée avec environ 80% de MVS.

Plusieurs auteurs (Paolini et Variali, 1982 ; ...) signalent que les recirculations de boues n'ont pas à être envisagées puisque (Borghini et al., 1985) les microorganismes sont en concentration élevée sur les disques.

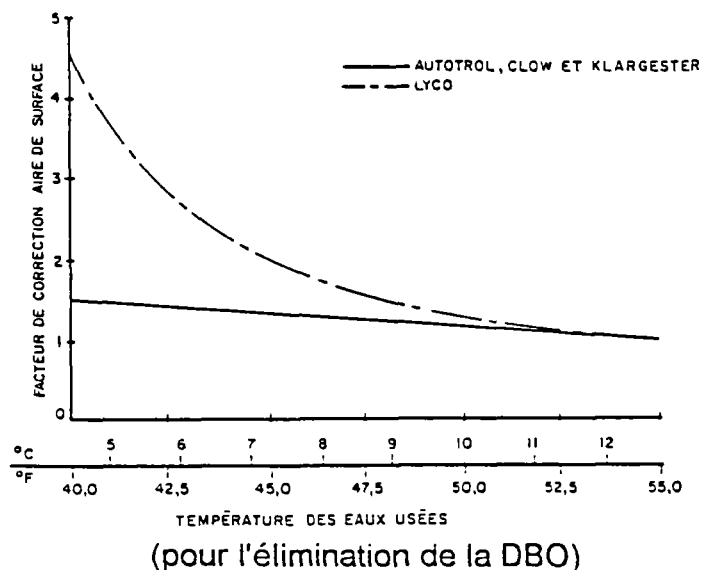
1-4.4. Consommation d'énergie.

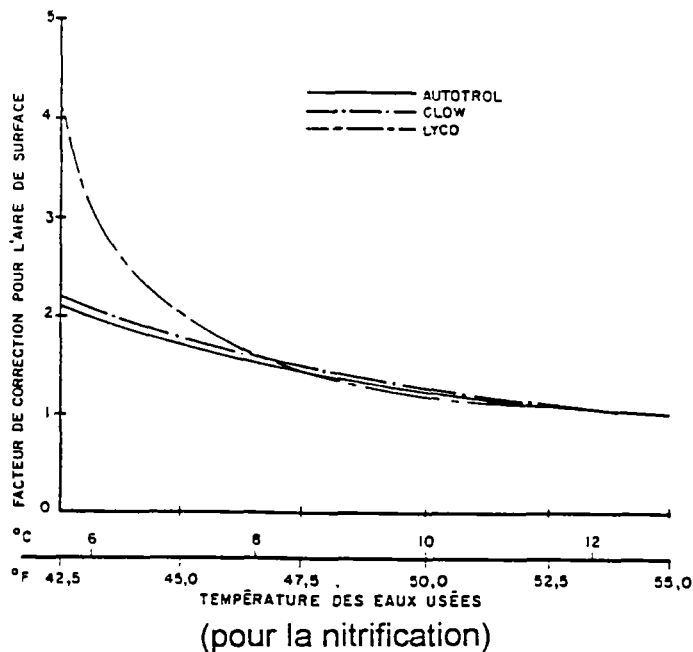
Diverses consommations d'énergie sont reportées (Consultants BPR, 1992). Pour un entraînement mécanique, l'EPA donne 2.03 kWh/unité indépendamment du type de support et Weston, pour une vitesse de rotation de 1.6 t/min., 2.3 kWh par arbre pour un support standard et 3.4 kWh pour un support haute densité. Pour un entraînement à air et une vitesse de rotation de 1.2 t/min., combinant les deux types de support, la consommation serait de 3.6 kWh.

1-5 FACTEURS SUSCEPTIBLES D'AFPECTER LES PERFORMANCES.

1-5.1. La température.

La température "charnière" est de 13°C : situés au-dessus, les disques se comportent normalement, situés en dessous, les rendements baissent ; il faut alors utiliser un facteur de correction (Groupe Teknika.1988 - Rapport abrégé).





Facteurs de correction de la surface de réacteur en fonction de la température donnés par 3 constructeurs canadiens.

Les différences entre les divers constructeurs (Lyco, notamment) ne sont pas expliquées.

La fréquence des balourds, provoqués par un développement non homogène de la biomasse, diminuerait pour des températures supérieures à 14/15°C (Sack et al., 1996), pour des stations à entrainement à air.

1-5.2. Le pH.

Selon Friedman et al. (1978), lorsque la charge organique est faible, le pH diminue dans les premiers étages, remonte puis rediminue. La première diminution serait liée à la production de CO₂ alors que la seconde serait due à la mise en place de la nitrification. Pour des charges plus importantes, le pH diminue dans les étages ayant la plus rapide diminution de DCO, puis augmente.

1-5.3. Oxygène Dissous.

La quantité d'oxygène dissous dans le liquide à traiter est parfois utilisée comme explication d'un mauvais rendement : en trop faible quantité, elle deviendrait le facteur limitant de la réaction. Une faible concentration en O₂ permettrait le développement de bactéries réductrices de sulfates, telles Beggiatoa. Wang et al. (1984) préconisent un taux minimum de 1 à 2 mg d'O₂/l de liquide.

D'autres, par contre, ont montré que les bactéries utilisaient essentiellement l'oxygène contenu dans l'air. Ils ont en effet remarqué que, dans certains cas, augmenter la concentration en oxygène dissous ne permettait pas d'améliorer le rendement, même si les Beggiatoa disparaissaient.

Friedman et al. (1978) suggèrent que la concentration en oxygène dissous serait liée à la vitesse de rotation, la charge organique et la charge hydraulique. Ils annoncent cependant que les bactéries utiliseraient plutôt l'oxygène provenant de l'air.

Nishidome et Kusuda (1988), remarquent les faits suivants, suite à leur étude sur l'oxygène dissous :

- existence d'un gradient de concentration en oxygène entre l'effluent et la surface du biofilm
- la concentration en oxygène dissous dans la biomasse n'est pas uniforme sur un même disque
- augmentation de la concentration en O₂ des films bactérien et liquide, lorsque le temps de passage dans l'air augmente
- gonflement d'au moins 20 µm du biofilm lorsqu'il est immergé
- dimension du film d'eau attachée au biofilm, au passage des disques dans l'air : 50µm

Capdeville et al. (1981) notent que les concentrations généralement rencontrées en régime permanent dans les disques vont de 1 à 5 mg/l.

1-5.4. L'hydraulique du système.

1-5.4.1. Type de l'écoulement.

L'hydraulique joue un rôle important tant du point de vue apport des nutriments pour les bactéries que du point de vue implantation des micro-organismes. Le groupe Teknika (1988) affirme qu'une croissance inégale sur les disques peut être une conséquence d'une mauvaise conception hydraulique.

Selon les consultants BPR (1992), l'écoulement dans les disques biologiques est de type piston. Dans les petites stations, il se fait parallèlement à l'axe de support mais peut aussi être perpendiculaire à cet axe. Dans ce cas, le sens d'écoulement doit être l'inverse de la rotation des disques, pour ne pas trop diminuer les temps de contact entre le substrat et les micro-organismes, et donc affaiblir les performances de l'épuration.

Selon Reh et al. (1977), l'écoulement serait de type piston entre les étages mais de type mélange intégral à l'intérieur de chaque compartiment.

1-5.4.2. Charge hydraulique.

Le groupe Teknika (1992), signale des chutes de rendement en DBO₅ en cas de fortes surcharges hydrauliques. Leur effet négatif serait cependant atténué du fait des faibles concentrations de l'effluent d'entrée. En outre, le procédé à biodisques peut supporter de grandes variations de charges hydraulique et organique, sans perte significative de biomasse.

1-5.4.3. Temps de rétention.

Le temps de séjour de l'effluent dans la cuve des disques doit être suffisamment long pour permettre une bonne dégradation de la matière organique mais aussi suffisamment court pour ne pas surcharger les premières parties des disques. Wessex Water (Consultants BPR, 1992) préconise un temps de rétention minimum de deux heures dans les cuves des disques.

Le temps de rétention aurait également une influence sur la taille des MES en sortie des disques. Tanaka et al. (1991) ont cherché à caractériser les MES produites afin d'en diminuer la concentration dans l'effluent final. Ils avaient en effet remarqué que les MES n'étaient pas toutes éliminées après la décantation secondaire. Ils observent que les MES les plus fines (inférieures à 12 μm) sont adsorbées par les disques, qui eux produisent des MES supérieures à 44 μm . Lorsque le temps de rétention dans les disques augmente, la taille des MES augmente. Ils ont ainsi observé que le pourcentage (en poids) de particules d'environ 44 μm évoluait de 50 % avec un temps de rétention d'une heure à 70 % lorsque le temps de rétention était porté à 2heures.

1-5.4.4. Nombre d'étages.

D'après plusieurs auteurs, à surface utile égale, les stations à plusieurs étages obtiennent une meilleure épuration que celles à étage unique. Plus le nombre d'étages est élevé, plus les performances sont bonnes.

Pour Borghi et al. (1985), ce serait probablement dû au fait qu'une flore différente peut s'installer dans chaque compartiment.

2- Traitement de l'azote.

Le rejet de sels ammoniacaux dans un cours d'eau entraîne une diminution de l'oxygène dissous par utilisation de ce dernier par les bactéries nitrifiantes. Cette diminution d'oxygène dissous peut avoir des conséquences graves (asphyxie) sur la faune de ce cours d'eau. En outre, une concentration de 0.02 mg/l en NH_3 est considérée comme toxique pour les poissons (Marsh et al., 1981).

Il existe des risques d'eutrophisation pour un lac lorsque les concentrations en Phosphore et azote inorganiques dépassent respectivement 0.01 mg/l et 0.3 mg/l (Philipot, 1981).

2-1 NITRIFICATION

La nitrification peut intervenir dans une même unité de disques biologiques à la suite de l'élimination de la matière carbonée si la biomasse nitrifiante dispose encore d'une surface de support suffisante. Elle peut aussi être prévue dans des unités spécifiquement conçues, lorsque la station est équipée de plusieurs étages en série.

La majorité des bactéries impliquées dans la nitrification (Nitrosomonas, Nitrobacter) sont dites autotrophes, c'est à dire qu'elles tirent leur énergie de la réduction du gaz carbonique et des bicarbonates (Philipot, 1981). Murphy et al. (1977) avancent une cinétique d'ordre 0 pour la nitrification sur disques biologiques.

2-1.1. Conditions propices à la nitrification.

2-1.1.1. Épaisseur de la biomasse.

Selon Boller et al.(1989), l'épaisseur de la biomasse nitrifiante n'est pas directement proportionnelle au pourcentage de nitrification, et ce par le fait d'une compétition, pour les sites bactériens, entre l'ammoniaque et les substances non ammoniaquées. Masuda et al. (1991) donnent une épaisseur de biomasse (essentiellement nitrifiante et dénitrifiante) de 700 μm pour une charge organique appliquée de 4.3 g COT/ $\text{m}^2\cdot\text{j}$ en moyenne. Ces auteurs déterminent trois couches superposées :

- de 400 à 200 μm : rugosité la plus importante du biofilm, couche superficielle à 37 mg/cm^3
- de 200 à 120 μm : couche moins dense, à 98 mg/cm^3
- inférieur à 120 μm : couche interne très dense, à 102 mg/cm^3

Watanabe et al. (1990) ont calculé, à l'aide d'une modélisation par ordinateur, que l'épaisseur du film liquide attaché à la biomasse nitrifiante était de l'ordre de 40 μm .

2-1.1.2. Charges organique et hydraulique.

La nitrification est très sensible aux variations de charge organique, c'est pourquoi l'élimination de la matière organique doit avoir eu lieu. Tanaka et al. (1987) parlent d'une charge maximum de 1 à 2 g/ $\text{m}^2\cdot\text{j}$ de DBO₅ totale, Wang et al. (1984) de 1.2 à 2.4 g DBO₅/ $\text{m}^2\cdot\text{j}$ et d'une concentration en DBO₅Soluble inférieure à 30 mg/l.

Cependant, Marsh et al. (1981) citent que la nitrification commence (sur une station pilote) à une concentration de 60 mg DBO₅/l et peut être complète pour des concentrations inférieures à 12 mg de DBO₅/l.

Wang et al. parlent aussi d'une charge hydraulique maximum de 0.01 à 0.08 $\text{m}^3/\text{j}\cdot\text{m}^2$ de surface de disque dans des cuves permettant un temps de rétention de 90 à 230 min.

D'après Tan et al. (1976), la nitrification demande un temps de séjour de 2 h de l'effluent dans les cuves. Elle serait, par contre, indépendante de la concentration en azote total de l'effluent (Wilson et al.1980).

2-1.1.3. Position dans le traitement.

La nitrification peut aussi bien se dérouler à la fin d'une rangée de disques, lorsque la charge organique n'est pas trop élevée, que dans un étage séparé de celui du traitement de la matière organique. On peut différencier les deux phases du processus par l'aspect de la biomasse : le film bactérien est plus foncé et plus fin lorsqu'il y a nitrification.

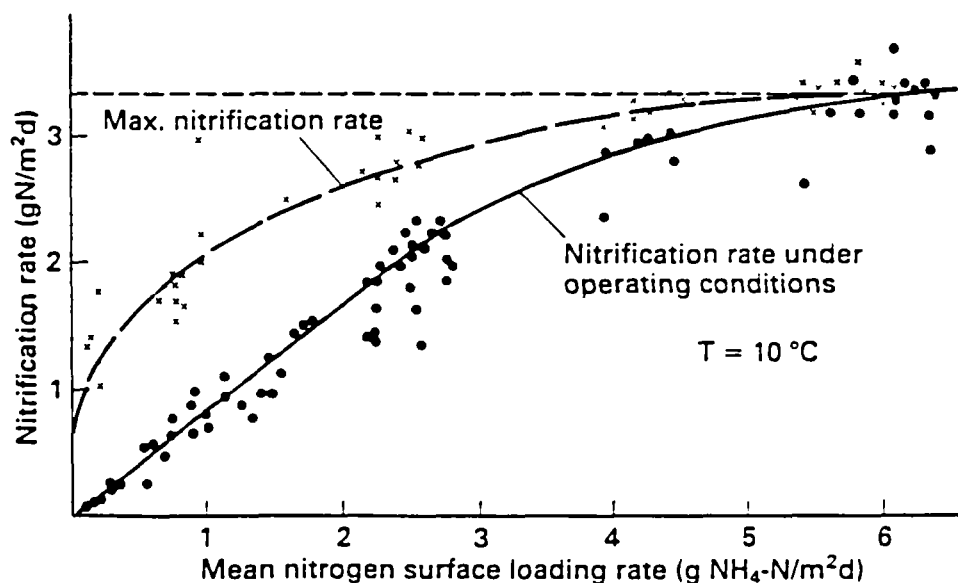
Selon Nyhuis (1990), il faudrait séparer l'élimination de la matière carbonée, de la nitrification. Il faut cependant remarquer qu'il travaille pour l'application sur de grandes stations, ce qui paraît actuellement peu adapté pour la France. Les disques sont alors utilisés pour la nitrification après décantation secondaire ou filtration, pour limiter les MES. Une préfiltration permettrait une augmentation du taux de nitrification (par rapport à la surface impliquée) d'environ 50%. Le rendement de la nitrification atteindrait $3 \text{ g/m}^2\cdot\text{j}$ (un lit bactérien à garnissage plastique a un rendement de 0.6 à $0.7 \text{ g d'azote/m}^2\cdot\text{j}$).

2-1.2. Critères de dimensionnement par rapport à l'azote.

Lorsque la nitrification est prévue après le traitement de la matière organique, le dimensionnement se fait étage par étage, comme si chacun était un réacteur individuel (Nyhuis, 1990). Il faut alors respecter divers paramètres :

- la dépendance du taux de nitrification de la concentration en ammoniacque
- le taux de transformation maximum possible dans des conditions non limitées par le substrat
- l'influence de la température
- la diminution du rendement de la nitrification par production d'acidité.

Toujours selon Nyhuis (1990), une préfiltration additionnée d'une inversion périodique du sens d'écoulement permet une diminution de 50% de la surface biologique nécessaire et du volume du réacteur pour un même rendement.



Cinétiques de nitrification avec préfiltration et inversement du sens d'écoulement de l'effluent.

Boller et al. (1990), estiment également que la nitrification est plus faible lorsque la charge en N-NH_4 est inférieure à $4 \text{ g/m}^2\cdot\text{j}$.

2-1.3. Influence sur la production de boues.

La nitrification produisant peu de biomasse, aucun filtre ou décanteur n'est nécessaire après (Gujer et Boller, 1990). On peut s'attendre à une concentration en MES de l'effluent de sortie de l'ordre de 4 à 7 g/m³ avec préfiltration. En grandeur réelle, la quantité de MES en sortie est supérieure, dûe à une concentration plus importante en entrée de nitrification (filtration moins bonne que souhaitée) et au fait que la diminution de matière organique se poursuit dans les étages réservés à la nitrification.

Boller et al. (1990) annoncent une production de boues de 0.08 g de carbone sous forme de biomasse / g de N-NH₄ nitrifié.

2-1.4. Facteurs susceptibles d'affecter les performances.

2-1.4.1. Vitesse de rotation.

Comme pour la dégradation de la matière organique, la nitrification dépend de la vitesse de rotation (Boller et al., 1990), en relation avec l'augmentation d'oxygène dissous disponible.

Pour leur station pilote à étages, Weng et al. (1974) trouvent que la nitrification commence dans des étages plus proches de l'entrée lorsque la vitesse de rotation augmente (mais elle est toujours supérieure à 30 t/min!!).

2-1.4.2. Filtration préalable.

Comme nous l'avons vu, une filtration préalable permet une diminution de MES (comprenant des particules floculées inertes et des organismes hétérotrophes) susceptibles de concurrencer les bactéries nitrifiantes sur le support. Selon Boller et al. (1990), une filtration permet une augmentation de la nitrification et donc une diminution de 40% de la surface nécessaire pour la nitrification.

2-1.4.3. Recirculation.

La recirculation permet de diluer l'arrivée de matière organique entrante, donc, lorsqu'elle n'est pas trop importante, de favoriser la nitrification. Klees et Silverstein (1992) trouvent une nitrification maximum pour une recirculation de 50% (les essais ont porté sur 0%, 50%, 75% de recirculation) et une charge hydraulique de 0.245 m³/m².j (la plus élevée des essais).

2-1.4.4. Inversion périodique du sens d'écoulement.

Une étude expérimentale a été faite par Boller et al. (1990) pour voir l'effet d'une inversion du sens de l'effluent dans les disques réservés à la nitrification. Ils constatent que la nitrification diminue dans les compartiments les plus éloignés de l'arrivée d'effluent. Ce phénomène subsiste lorsqu'on applique à tous les compartiments la même charge d'ammoniacque. En inversant périodiquement le sens d'arrivée de l'effluent, ce phénomène disparaît, de par le fait que la quantité de bactéries est la même sur tous les disques (identique à celle des premiers disques sans changement de sens). 20 à 30 jours après l'inversion, la quantité de biomasse relative sur chaque disque est inversée. Mais 10 jours après l'inversion, on trouve la même quantité de biomasse sur tous les disques.

Dans cette étude, les bactéries atteignent leur capacité maximum de nitrification en 10 jours et perdent totalement cette aptitude en 40 jours. C'est pourquoi ils conseillent une inversion du sens de circulation de l'effluent tous les sept à dix jours.

Cette inversion est pronée (Nyhuis, 1990) pour diminuer la limitation en matière nutritive des derniers étages, et donc améliorer la nitrification sur de grandes stations. Elle permettrait aussi un meilleur "tampon" vis à vis des charge d'azote périodiques, puisque la biomasse de bactéries nitrifiantes serait plus importante. Le cycle d'inversion doit être de l'ordre de 7 à 10 jours pour permettre à la biomasse des deux extrémités de se développer.

A moins que cette inversion ne se fasse automatiquement, ceci impose une complication et une charge supplémentaire de travail pour l'exploitant, ce qui va à l'encontre de la simplicité largement évoquée pour le système à disques. Il faut aussi remarquer qu'il n'est jamais fait mention de la mise en pratique de cette inversion. Comment le courant est-il pratiquement inversé dans une station grandeur réelle ? Il est cependant certain que les coûts de construction doivent être augmentés.

2-1.4.5. Température.

Selon Murphy et al. (1977), la température aurait un rôle négligeable dans la nitrification. La nitrification serait dépendante de la température suivant la loi d'Arrhénius.

Hitdlebaugh et Miller (1981) signalent une nitrification maximale entre 28 et 35°C. Les rendements chuteraient de 50% pour chaque 10°C sous 30°C.

2-1.4.6. Produits ajoutés.

Selon Watanabe et al. (1990), l'ajout d'aluminium, pour améliorer l'abattement du phosphore ne semble pas influencer la nitrification.

L'addition de chlorure d'ammonium supprime la nitrification (Hitdlebaugh et Miller, 1981).

2-2 DENITRIFICATION.

La dénitrification est due à des bactéries hétérotrophes en milieu anoxique. Elles transforment les nitrates (NO_3^-) en azote N_2 atmosphérique. Selon Philipot (1981), il faut 5 à 7 g de DCO pour réduire 1 g de NO_2^- .

La dénitrification peut se produire de deux façons : soit à l'intérieur des couches les plus profondes du film bactérien, en même temps que la diminution de matière organique et la nitrification ; soit dans un étage totalement séparé du traitement, après la nitrification.

2-2.1. Dans les couches profondes du biofilm

Pour Masuda et al. (1991), les bactéries dénitrifiantes et nitrifiantes coexistent dans le biofilm, la dénitrification ne prenant place que lorsque le transfert d'oxygène a un rendement suffisamment faible pour permettre la formation d'un environnement anaérobie.

Toujours selon ces auteurs, l'élimination de l'azote est influencée par la pression partielle en oxygène de l'air de la partie émergée, la température de l'eau, le temps de séjour hydraulique et le ratio C/N.

Pour obtenir un enlèvement maximum, à l'aide de disques aérobie, la recirculation pour la dénitrification est envisagée par Philipot (1981). L'effluent recirculé apporterait les nitrates et la partie non recirculée apporterait le carbone.

2-2.2. Dans des unités spécifiques placées en anaérobiose.

En dehors de travaux sur pilotes, les publications relatives à cet aspect particulier de traitement sont peu nombreuses.

Murphy et al. (1977) avancent que la dénitrification (étudiée sur station pilote) est alors indépendante de la somme des concentrations en nitrates et nitrites. A une température de 5°C, la quantité d'oxygène dissous au premier étage affecte la dénitrification. Cette relation n'a pu être confirmée à 25°C. Ils concluent cependant que les disques permettent une disparition efficace et prévisible des nitrates et nitrites à toutes températures.

Rusten et al. (1986) ont testé la dénitrification sur pilote avec des disques de 30 cm de diamètre qui tournaient à 17.5 tours /min. Ils ont testé l'application du modèle de Kornegay, après adaptation à la dénitrification. Il s'est avéré que ce modèle, également testé par Harremoës et Riemer en 1977 et 1978 avec du méthanol, ne permettait pas une prédiction fiable de l'élimination des nitrates. D'autres modèles empiriques se sont révélés plus adaptés à l'utilisation du carbone provenant d'eaux usées domestiques.

3- Mises en pratiques actuelles.

3-1 MATERIAUX ET FORMES UTILISES.

3-1.1. Matériaux des différents organes.

Le premier matériau utilisé pour réaliser les disques a été le polystyrène expansé. Pour pouvoir augmenter la surface spécifique, des matériaux de structure plus complexe sont maintenant utilisés. Pike (1978) signalait déjà des matériaux en maille expansée (plastiques, acier galvanisé) et du PVC en plus du polystyrène. Bruce et al. (1982) ajoutent, pour les matériaux actuels, le plastique renforcé de verre et le polyéthylène.

Selon Wang et al. (1984), les disques en "styrofoam" auraient le plus souvent une surface développée de 65 à 82 m²/m³ et les "packed cage" de polyéthylène auraient une surface développée de 98 à 115 m²/m³.

Bruce et al. (1982) signalent que les "packed cage" peuvent être en plastique renforcé par du verre ou en acier avec une protection totale anticorrosion.

Les cuves contenant les disques peuvent être d'acier, fibre de verre ou béton coulé sur place (Groupe Teknika, 1988).

3-1.2. Forme des disques.

Les dernières générations de disques sont en fait des cylindres ou enroulements de matériaux. Des difficultés apparaissent lorsqu'un disque doit être changé, ou même pour le transport lorsque les diamètres sont élevés. Certains constructeurs ont résolu ce problème en "découpant" le disque en quartiers. Les disques peuvent conserver leur base circulaire ou adopter une géométrie plus angulaire à six ou huit faces. Plusieurs disques sont alors liés ensemble. Le changement d'une partie défectueuse se fait alors en enlevant le quartier correspondant, puis en désolidarisant les différents disques. Ceci permet de ne pas avoir à changer toute une rangée de disques et de faciliter les interventions qui deviennent plus "légères".

La répartition des contraintes sur un tel disque n'est cependant pas uniforme et la structure d'accrochage et les points d'ancrage doivent être prévus en conséquence. Le groupe Teknika (1988) dénonce la faiblesse des cadres de support des assemblages par segments. Le décrochage de la biomasse n'est pas toujours régulier ni homogène.

Des supports dits "de haute densité" sont apparus sur le marché, ils sont en général utilisés en phase finale du traitement, pour la nitrification par exemple ; le premier étage des disques restant en densité dite "standard".

3-2 DIMENSIONS.

Le diamètre des disques varie de 1.2 à 4.5 m pour les stations opérationnelles mais il est le plus souvent compris entre 2 et 3 m. Les stations pilotes ont des diamètres bien moindres (0.3, 0.5 mètre), ce qui pose parfois des problèmes d'adaptation des modèles étudiés sur ces pilotes. Selon Pike (1978), les limites pratiques de taille des disques sont de 0.7 à 3 mètres de diamètre.

Le transfert d'oxygène varie suivant le diamètre des disques et la vitesse de rotation. Plus le diamètre est faible et plus l'efficacité est élevée (Reh et al., 1977 ; Wilson et al., 1980), ce qui a amené quelques erreurs de dimensionnement lors du passage à la taille réelle. Stover et al. (1976) ajoutent même que la baisse d'efficacité, par augmentation de charge, est plus élevée lorsqu'on augmente le diamètre des disques. C'est pourquoi certains recommandent de faire des stations pilotes utilisant des disques de même taille que ceux qui seront utilisés en "grandeur réelle".

Les publications préconisent une immersion de 41%. Ceci correspond en effet à une immersion maximum, sachant que l'axe et les roulements demeurent à l'air libre pour d'évidentes raisons de simplification mécanique et de fiabilité.

3-3 MECANIQUE.

3-3.1. Vitesses de rotations.

Les vitesses de rotation varient de 1 à 2 t/min. pour les stations "grandeur réelle" en milieu aérobic. Certains (Wang et al., 1984) annoncent qu'il faudrait fixer la vitesse périphérique du disque à 0.3 m/s, la vitesse de rotation dépendant alors du diamètre des disques. D'autres par contre, affirment que cette vitesse n'a aucune influence sur le taux de diminution de matière.

Friedman et al. (1978) montrent que la vitesse de rotation joue un rôle non négligeable dans l'efficacité du système. Ils constatent en effet que l'élimination de DCO augmente, pour une même charge surfacique, lorsque la vitesse de rotation augmente. Plus la vitesse de rotation est élevée, plus l'oxygène dissous augmente, favorisant ainsi l'activité épuratoire de la biomasse fixée. Ces auteurs ajoutent que pour une même vitesse périphérique (donc une vitesse de rotation moins élevée), les stations grandeur réelle ont un moins bon rendement surfacique que les stations pilotes à cause d'un taux de transfert en oxygène plus faible.

Watanabe et al. (1990) rappellent que la vitesse de rotation, pour un système limitant en oxygène, a peu d'effet sur la nitrification, lorsqu'elle est séparée de la diminution de matière organique. Ils ajoutent que la vitesse périphérique n'est pas un critère de dimensionnement pour la nitrification.

Bergs signale des stations où les disques du premier étage ont une vitesse de rotation plus élevée, afin de permettre un départ plus important de la biomasse. Ceci vaut cependant dans des stations surchargées, ce qu'il convient maintenant d'éviter.

En ce qui concerne les disques utilisés en milieu anaérobie, les références sont peu nombreuses, voire inexistantes en taille réelle.

3-3.2. Entraînements.

L'entraînement peut être de deux types : mécanique ou à air. Pour ce qui est de l'entraînement mécanique, ce fut souvent la cause essentielle de nombreux déboires sur les installations réalisées il ya 15 ou 20 ans. La majorité des constructeurs adopte aujourd'hui l'entraînement périphérique par roue dentée de diamètre à peu près équivalent à celui des disques. L'entraînement de cette roue est la plupart du temps direct avec un pignon cranté mu par le groupe motoréducteur.

Recherchant les améliorations possibles à apporter à une station à entraînement mécanique ne remplissant pas les normes de rejet, Newbry et al. (1982) ont expérimenté une aération des premiers étages. La station était en fait surchargée, ce qui provoquait une surproduction de biomasse, d'où des ruptures d'axes et des rejets non adéquats. L'aération favorisant le départ de la biomasse, les axes ont été soulagés et l'élimination de la DBO₅ a augmenté sans toutefois atteindre les objectifs.

Pour les mêmes symptômes, Hartung (1982) préconise une aération alternée. La diffusion rapide d'un grand volume d'air, toutes les quatre à cinq semaines, permet le détachement de la biomasse mature. Le fait d'appliquer une aération intermittente, au lieu de continue, n'améliore pas de façon notable la qualité de l'effluent de sortie.

La technique d'entraînement par air, développée outre Atlantique, suscite des appréciations controversées. Des godets sont fixés à la périphérie des disques, ouverture tournée vers le bas, une insufflation d'air est réalisée par le fond de la cuve et l'air, piégé dans les godets, permet le mouvement des disques par différence de densité.

L'avantage premier de l'entraînement à air serait une consommation moindre d'énergie que pour un entraînement mécanique. Selon Hynek et Chou (1979), les vitesses de rotations des installations à air sont généralement moins grandes que celles des installations mécaniques. De plus, certains (Groupe Teknika, 1988) ont affirmé que cette injection d'air permet d'augmenter le taux d'oxygène dissous dans l'effluent. La profondeur de la cuve ne paraît cependant pas suffisante pour que ceci soit notable. Le contrôle de la distribution d'air, d'après le Gouvernement du Québec (1988) n'est pas encore total, ce qui rend difficile le contrôle de vitesses uniformes de rotation. Par contre, cette aération aide au détachement de la biomasse mature de sur les disques, diminue, voire annule, le développement de Beggiatoa et permet un enlèvement plus poussé de la DBO₅ (Strom et Chung, 1985, d'après les Consultants BPR, 1992).

Sack et al. (1986) annoncent des rendements moyens en diminution de DBO Soluble, dans le premier étage, de 66% (avec une entrée moyenne de 142 mg BOD/l, 144 mg MES/l et un débit de 0.23m³/s).

3-3.3. Ennuis divers.

Des bris de coussinets, dus à un mauvais entretien ; des dommages sur les supports latéraux soudés aux arbres, dus à une conception inadéquate, ont été signalés (Groupe Teknika, 1988) et résolus. Les supports plastiques ont aussi montré quelques signes de fatigue, voire des ruptures, liées à une dégradation du matériau exposé à la chaleur, à des solvants, aux rayons ultraviolets, à des charges excessives de biomasse ou même à des mouvements excessifs de structure (surtout pour les "packed cage" et disques hexagonaux).

Les Consultants BPR (1992) signalent des bris de l'arbre principal, des roulements et la corrosion de certaines parties fabriquées en acier.

Bergs (1982) note que les disques uniquement fermés par un couvercle, et donc non inclus dans un bâtiment, présentent des inconvénients en hiver. En effet, lorsqu'il neige à l'extérieur ou tout simplement que les températures baissent, l'intérieur étant à une température plus élevée les phénomènes de condensation entraînent des incidents a priori mineurs mais qui peuvent contrarier l'exploitation (gel des serrures et des dispositifs de fixation-ouverture des panneaux mobiles). De plus, peu de place a été laissée autour des disques, ce qui complique leur entretien. Les "fenêtres de visite" sont trop petites pour permettre un aperçu de la totalité des disques.

Tous ces problèmes sont résolus par la construction d'un bâtiment. Ces derniers, cependant, ne prennent souvent pas en compte l'éventuel changement d'un axe. Cet auteur signale aussi de mauvaises conditions ambiantes dues à l'humidité (moisissures sur les murs de béton et le long des cables électriques,....).

Pour des stations à entraînement à air, Sack et al. (1986) signalent une rotation irrégulière lorsqu'elles ont une à faire face à des températures $< 10^{\circ}\text{C}$. Pour pallier à ce défaut, ils suggèrent plusieurs approches : mettre des "godets" plus grands, augmenter leur nombre sur le support du premier étage, améliorer le système de distribution d'air, ...

3-4 LES COÛTS.

Chaque station étant unique, chaque pays ayant des avantages différents, il est difficile d'évaluer les coûts de construction, entretien, réparation, ... de telles stations. Diverses études ont cependant montré que ce système a un coût assez élevé à la construction mais compense cela par un entretien de faible prix.

Selon Bruce et al. (1982), les disques au sens large ne peuvent rivaliser, du point de vue coûts, avec d'autres systèmes que pour des installations de moins de 1000 éq.ha. Mais d'autres avantages permettent de choisir ce système pour une communauté plus grande.

Le Groupe Teknika (1988) rassemble les données sur différentes stations, tout en précisant que celles-ci se réfèrent à de grands ensembles. Les frais les plus importants se sont avérés être, par ordre décroissant d'importance : la main-d'oeuvre (plus de 50% du coût total), l'électricité (près de 25%), l'entretien mécanique (15%) ... Il a cependant été constaté que le coût total de l'exploitation est peu lié à la capacité de la station mais plus à ses particularités.

Les coûts globaux donnés par les consultants BPR (1992) sont reportés dans le tableau suivant.

Taille de la municipalité	100	400	800
Main d'oeuvre	14 600\$	17 100\$	19 500\$
Énergie	2 500\$	4 700\$	7 600\$
Entretien	1 400\$	2 100\$	3 100\$
Analyses	3 000\$	3 000\$	3 000\$
Gestion des boues	1 400\$	5 200\$	10 400\$
Frais de renouvellement	8 000\$	12 000\$	18 000\$
Administration et gestion	1 700\$	2 400\$	3 300\$
Total	32 600\$	46 500\$	64 900\$

Coûts annuels d'exploitation (en dollars canadiens, valeur 1992,
à titre indicatif 1\$ canadien \approx 4.5 F)

Il est fait état de l'importante augmentation du poste gestion des boues sur les dernières années.

3-5 RECOMMANDATIONS GENERALES.

Aux U.S.A., Wilson et al. (1980) notent qu'il est difficile d'obtenir des MES en sortie en concentration inférieure à 30 mg/l sans clarificateur primaire. C'est pourquoi ils considèrent que cet ouvrage est indispensable, si l'on veut atteindre les normes de rejet.

Bergs (1982) précise qu'une mise en route en hiver met deux fois plus de temps à se stabiliser. Cet auteur recommande de faire un apport d'eau sortant d'une autre station pendant un certain temps, avant la fin de la construction de la station, pour améliorer l'implantation des microorganismes.

Chaque pièce pouvant un jour être déficiente, il serait prudent de concevoir le bâtiment de façon à faciliter l'enlèvement des unités de disques, même si le constructeur affirme que ceci est inutile.

Le groupe Teknika (1988), préconise aussi plusieurs accessoires supplémentaires : l'aération au premier étage de façon intermittente, dont nous avons vu les avantages et inconvénients plus haut, des équipements de lavage de l'arbre pour faciliter le remplacement des coussinets (ou roulements), des équipements de recirculation de l'effluent et un système de contrôle du débit (régulièrement vérifié).

Suivant la taille de l'installation, il est également préconisé (Consultants BPR, 1992) :

- prétraitement efficace en tête ;
- pas de support haute densité dans les premiers étages et souhait de disques segmentés ;
- une génératrice d'urgence pour éviter les arrêts prolongés en cas de panne de courant et les problèmes de redémarrage ou des systèmes de protection spécifiques pour éviter des redémarrages automatiques ;
- des groupes motoréducteurs à démarrage progressif ;
- des fonds de cuve inclinés pour faciliter leur vidange complète ;
- des séparateurs ou chicanes amovibles entre les différents étages ;
- un suivi en continu de l'oxygène dissous sur le 1^{er} étage.

Il font aussi mention d'exigences particulières vis à vis des constructeurs :

- garantie de 5 ans pour le remplacement des équipements défectueux dans les délais les plus brefs ;
- travaux de soudure effectués par des ouvriers certifiés, inspection par rayons X et ultra sons ;
- visites des ateliers et certificats de conformité sur les peintures, couches protectrices et matériaux résistant à l'abrasion sont également proposés.

Le gouvernement britannique donne depuis peu les recommandations suivantes (Groupe Teknika, 1988) :

- utilisation d'unités compactes pour 500 équivalents habitants (voire 350),
- temps de rétention dans la cuve des disques d'au moins 2 h au débit de pointe, bassin d'égalisation ou contournement partiel de l'effluent,
- vitesse ascensionnelle d'au plus 1 m/h dans le décanteur secondaire,
- pente minimale de 60° pour le fond des décanteurs non raclés
- soutirage des boues au moins hebdomadaire.

De plus, les normes britanniques, pour ce qui est de la fabrication de pièces mécaniques, sont plus exigeantes, ce qui explique la fiabilité structurale des équipements (peu de bris structuraux).

3-6 TECHNIQUES PARTICULIERES.

Sont rassemblées dans ce chapitre, et brièvement décrites des techniques ayant fait fait l'objet de recherches, voire d'applications, à l'étranger mais qui sont a priori peu connues en France. L'objectif principal est de donner au lecteur intéressé l'accès aux références.

On mentionnera dans cette partie le procédé "Bioline" créé par B.Capdeville à l'INSA de Toulouse et développé par la société IDEE, qui est une variante de support (au même titre que les "Packed cage"). Des informations complémentaires sont rassemblées en annexe avec celles des constructeurs de biodisques.

3-6.1. Prétraitement.

Borghi et al. (1985) signalent que les disques biologiques peuvent être utilisés comme prétraitement.

De même, Ouyang et Ying (1990) ont montré, en station pilote, qu'il était possible d'utiliser la technique des disques comme prétraitement en Chine, pour certaines eaux domestiques très ammoniacuées.

3-6.2. "Packed cage"

C'est un cylindre grillagé, contenant du matériau, support de la biomasse, fixé ou non à la "cage" externe. Selon Pescod et Norton (post 1980), elles peuvent être construites n'importe où, sans constructeur spécialiste. Comme matériau de remplissage, ils préconisent les chutes de n'importe quelle usine de plastique proche. L'optimum de traitement est atteint (en station pilote) pour un pH compris entre 6 et 8 et une immersion supérieure à 43%. La vitesse de rotation a peu d'influence sur le traitement.

Ce système a été développé en Angleterre en même temps que les disques au sens propre. Selon Bruce & Harrington (1982), ce serait un système intéressant pour les effluents concentrés.

Ware et al. (1990) citent les travaux de Pescod et Norton (1983) où ils cherchaient le remplissage optimal en matériau pour une "packed cage". Ils en concluent que le meilleur rendement épuratoire est obtenu avec fixation du matériau par des fils de nylon. Sans fixation du matériau, l'économie d'installation de cette technique par rapport aux disques traditionnels peut atteindre un tiers.

Ware et al. (1990) avancent que l'efficacité en élimination de la matière organique pour une "packed cage" anaérobie, pour une même charge organique, est supérieure à celle de disques conventionnels anaérobies.

Deshpande et Kaul (1991) ont vérifié l'application d'un modèle mathématique pour un système placé en anaérobiose sur une station pilote.

Pour un système "packed cage" tournant dans une boue activée, Wanner et al. (1990) annoncent des consommations moyennes de 1.6 kWh/kg BOD₅ éliminée.

3-6.3. Bioline

Le support de la biomasse est constitué d'un réseau de fibres plastiques d'une longueur totale de 24 km monté dans un cadre, lui aussi en plastique, d'un diamètre de 1 mètre pour une longueur de 2 mètres. L'ensemble est immergé dans une cuve et mis en rotation, l'air nécessaire au traitement est apporté par insufflation à l'aide d'une soufflante.

Un essai de transposition est installé sur la station de Réalville dans le Tarn et Garonne (voir annexe 5).

3-6.4. Abattement de la matière organique en anaérobiose

Plusieurs chercheurs ont montré que des disques (appellation générale) placés en anaérobiose pouvaient être utilisés, d'abord dans des effluents fortement chargés, puis dans des effluents moins concentrés.

Owen (1982) cite plusieurs avantages à utiliser le procédé en anaérobiose. Tout d'abord, et surtout, ils ont un potentiel de récupération de l'énergie biodégradable de l'ordre de 90%. Ces systèmes peuvent donc aboutir à une production nette d'énergie, à l'opposé des systèmes aérobies qui, eux, consomment de l'énergie.

Laquidara et al. (1986) ont voulu développer des abaques de dimensionnement de stations à disques anaérobies, en tenant compte de divers paramètres. Visuellement, l'aspect de ces disques ne se différencie pas des autres disques, ils sont couverts de façon hermétique pour obtenir une atmosphère anoxique dans la partie émergée, par contre leur surface immergée est supérieure. La fixation de la biomasse autorise le traitement de charges organiques supérieures par rapport à un système dit "infiniment mélangé" ou à cultures libres. L'implantation de la biomasse est toutefois assez lente ; 75% du développement est possible en 300 jours pour une charge de 30 g DCO/m².j, 120 jours à 60 g DCO/m².j.

Toujours selon les mêmes auteurs, deux critères sont à prendre en compte pour le dimensionnement : la vitesse du support par rapport à l'effluent et les forces abrasives. L'abattement de matière organique par rapport à des disques placés en anaérobiose sur le même type d'effluents serait environ 3.5 fois plus élevé.

Le méthane peut représenter jusqu'à 80% du gaz total. Ce système n'est pas aussi affecté par les variations de charges que pourraient l'être les autres traitements anaérobies. On peut s'attendre à une production de boues de 0.055 kg/kg de DCO éliminée avec production de deux types de solides : l'un clair non décantable, l'autre foncé, décantant facilement.

Tait et al. (1980), après étude sur station pilote, observent qu'une cinétique d'ordre 1 pourrait être utilisée pour ce système.

Noyla et al. (1988) ont étudié l'adaptation des disques en anaérobiose pour de faibles charges, en vue de l'appliquer aux très petites collectivités (maisons individuelles, etc...). Ce système serait capable de traiter des eaux diluées avec un faible temps de séjour et une bonne efficacité en matière organique par rapport aux autres traitements. Des différences apparaissent aux faibles températures. Le réacteur ne peut cependant pas être considéré comme producteur de gaz ; la production ne peut être intéressante que pour le traitement de grands volumes d'effluent. Toujours d'après les auteurs, le traitement semble bien adapté pour de petits hameaux car il nécessite peu d'entretien.

3-6.5. Stations préfabriquées

Une station préfabriquée rassemble les traitements primaire et secondaire ainsi que la décantation dans une même cuve. La construction "en série" permet de diminuer les coûts, mais ses applications sont limitées, d'abord par les charges organique et hydraulique qu'elle peut supporter, ensuite par la taille maximum admise pour la circulation routière (pour le transport de l'unité du lieu de construction au lieu d'utilisation).

Severn Trent Water, en Angleterre, a dû rapidement renouveler son parc de stations pour petites collectivités (Crabtree et Rowell, 1993). Une étude a donc été conduite pour trouver la meilleure solution tant au point de vue résultats d'épuration que coûts. Il s'est avéré que des stations préfabriquées pouvaient très bien remplir ce rôle pour des communes de moins de 250 équivalents habitants. L'épuration des eaux domestiques de populations plus importantes devait se faire par l'intermédiaire de stations plus importantes, pouvant éventuellement contenir des parties préfabriquées.

Sans être des stations préfabriquées, des expériences ont été faites en positionnant les disques au-dessus d'une fosse, septique, qui servait de décanteur secondaire en accumulant les boues. Scoles et Barnes (1987) ont travaillé sur une telle station, et ont constaté qu'elle n'atteignait pas les normes de rejets. De plus, la qualité de l'effluent de sortie diminuait au fur et à mesure que la fosse se remplissait.

3-6.6. Traitement d'eaux salines.

Quelques études ont porté sur le traitement d'eaux usées salines (Kinner et Bishop, 1982 ; Poon et al., 1979), notamment sur des îles touristiques où les ressources en eau potable peuvent être limitées. Il apparaît que les phénomènes sont identiques au traitement d'eaux douces. Les bactéries utilisées en eau douce s'adaptent très bien aux eaux salées.

3-6.7. Lagunage activé par biodisques.

Ce procédé consiste à insérer une unité de disques biologiques entre deux lagunes, tenant lieu de décanteurs primaire et secondaire. Ce système est développé pour son caractère rustique, ce qui augmente encore sa simplicité d'entretien pour une même qualité d'eau en sortie. L'alimentation des disques étant à débit quasiment constant, les variations qualitatives sont très faibles, ce qui laisse envisager une diminution de surface utile de disques (Min. Agriculture-DERF, 1986). Les boues secondaires sont recyclées dans la lagune primaire, la lagune de décantation secondaire est dimensionnée à 1 jour de temps de séjour.

La lagune primaire est partagée en différents ensembles (Baillard, 1983) : une partie est réservée à la digestion des boues (avec un temps de séjour de 3 mois), une seconde au stockage des boues digérées (matière minérale et matière organique restante) et enfin un volume tampon (égal au débit journalier). L'évacuation des boues se fait une fois par an. La lagune secondaire a un double rôle : séparation des boues et de l'eau interstitielle et un affinage du traitement, par épuration naturelle si les temps de séjour dans cet ouvrage le permettent.

3-6.8. Abatement de phosphore par ajout de flocculants.

Les Consultants BPR (1992), signalent que l'enlèvement du phosphore peut être effectué par addition d'alun en amont du décanteur secondaire.

Watanabe et al. (1990) s'appuyant sur des essais en pilotes de disques de 30 et 50 cm de diamètre placés sur des décanteurs à 2 compartiments, préconisent une addition de chlorure d'aluminium polymérisé pour améliorer simultanément la séparation des colloïdes organiques et du phosphore.

Huang (1982) décrit une station utilisant de la chaux en décantation primaire pour précipiter des phosphates.

3-7 QUELQUES DISTRIBUTEURS PRESENTS SUR LE MARCHE FRANCAIS.

Il n'existe pas actuellement sur le marché français de constructeurs qui ont développé une technologie qui leur est propre en matière d'épuration par biodisques. On rencontre seulement des distributeurs, le cas échéant exclusifs, de constructeurs provenant de pays européens limitrophes.

3-7.1. COSME

Distribué en France par :

**S.E.A.S.
Rue des Fauvettes
56920 - SAINT GONNERY
Tél. 97 38 43 03**

COSME est un constructeur italien qui propose des disques constitués d'enroulements d'un support breveté dénommé Elicos. Il forme des canaux fermés offrant une surface spécifique annoncée de $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (voir annexe 1).

3-7.2. KLARGESTER

Distribué en France par :

**S2M (Sud Matériels Management)
BP 6
69751 - CHARBONNIERES LES BAINS CEDEX
Tél. 78 87 19 51**

Klargester est considéré comme le leader mondial de la technique des biodisques, il possède des centres de recherche et des unités de production en Angleterre, U.S.A. et Norvège.

Leur dernière production est le Rotor KD qui peut atteindre un diamètre de 4.5 mètres.

L'activité principale de Klargestar est la fabrication de petites unités compactes.

11 stations nouvelles ou rénovées sont référencées par S2M en France (voir annexe 2).

3-7.3. LEITNER

Adresse en France :

LEITNER
L'Arche, BP 284, Savoie Technolac,
73375 - LE BOURGET DU LAC
Tél. 79 25 31 72

Le constructeur Leitner, originaire du Tyrol italien, cherche actuellement à s'implanter en France. Il a organisé une visite de stations qu'il a construites en Italie parmi laquelle figurait une station à biodisques. Léonie Bardeau a participé à cette visite.

Ce constructeur utilise le support "Bio-net".

La station de Fies, visitée en Italie, présente plusieurs rangées de disques, en parallèle, avec possibilité de les mettre en série. Au moment de la visite, un seul étage de disques était en fonctionnement. Le dimensionnement des disques est de 10 g de DBO₅/m². Les rejets de nitrates sont supérieurs aux normes de la province. La circulation de l'effluent dans les disques est à noter : l'effluent traverse la cuve des disques en diagonale.

En cas de changement d'un disque, le représentant de Leitner suggérait un "déroulement" du matériau de ce disque. Si cela est effectivement possible, ce système représenterait un gain de place (bâtiments au toit plus bas) donc un coût moindre pour une même facilité de changement.

Le constructeur ne signale aucun problème de colmatage lorsque la concentration d'entrée en DBO₅ est inférieure à 200 mg/l. Pour ce qui est de la station visitée, elle semble donner de bons résultats. Seuls trois disques fonctionnaient sur les quatre, mais selon les concentrations en entrée et les normes Leitner de dimensionnement, deux disques seulement auraient été suffisants. La station était donc sous-chargée.

L'entraînement des disques est périphérique par roue dentée. Pratiquement toutes les stations construites possèdent une "salle de contrôle" centralisée permettant de suivre et éventuellement modifier le traitement (voir annexe 3).

par la société :

Franceaux
136-138, Rue Léon Jouhaux,
78500 - SARTROUVILLE
Tél. 39 57 56 66

par la société :

Entreprise Industrielle
226, Avenue du Maréchal Foch
BP 99
78133 - LES MUREAUX CEDEX
Tél. 30 91 20 00

Une brochure récente transmise par Franceaux (suite au salon Pollutec 1992) mentionne le développement d'un support spécifique pour la nitrification développé par Mecana (Biospiral) dont l'axe serait immergé.

Des filtres en tissus montés sur un tambour sont ou disques également proposés pour améliorer la qualité de l'effluent en fin de traitement ou préalablement à un étage de disques dédiés à la nitrification (voir annexe 4).

La société Mecana développe des produits élaborés en collaboration avec l'EAWAG à Dübendorf en Suisse. Ces travaux sont mentionnés dans plusieurs publications présentées par MM. Boller, Gujer et Nyhuis.

ANNEXES

Annexe 1 :
Documents de la société COSME

COS.M.E.

*MACCHINE PER L'ECOLOGIA / MAQUINAS PARA EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE
ECOLOGICAL MACHINES / MACHINES ECOLOGIQUES*

ROTOPERCOLATORE BIOLOGICO

Realizzato con profilo multicellulare brevettato "ELICOS"

BIOLOGICAL ROTARYPERCULATOR

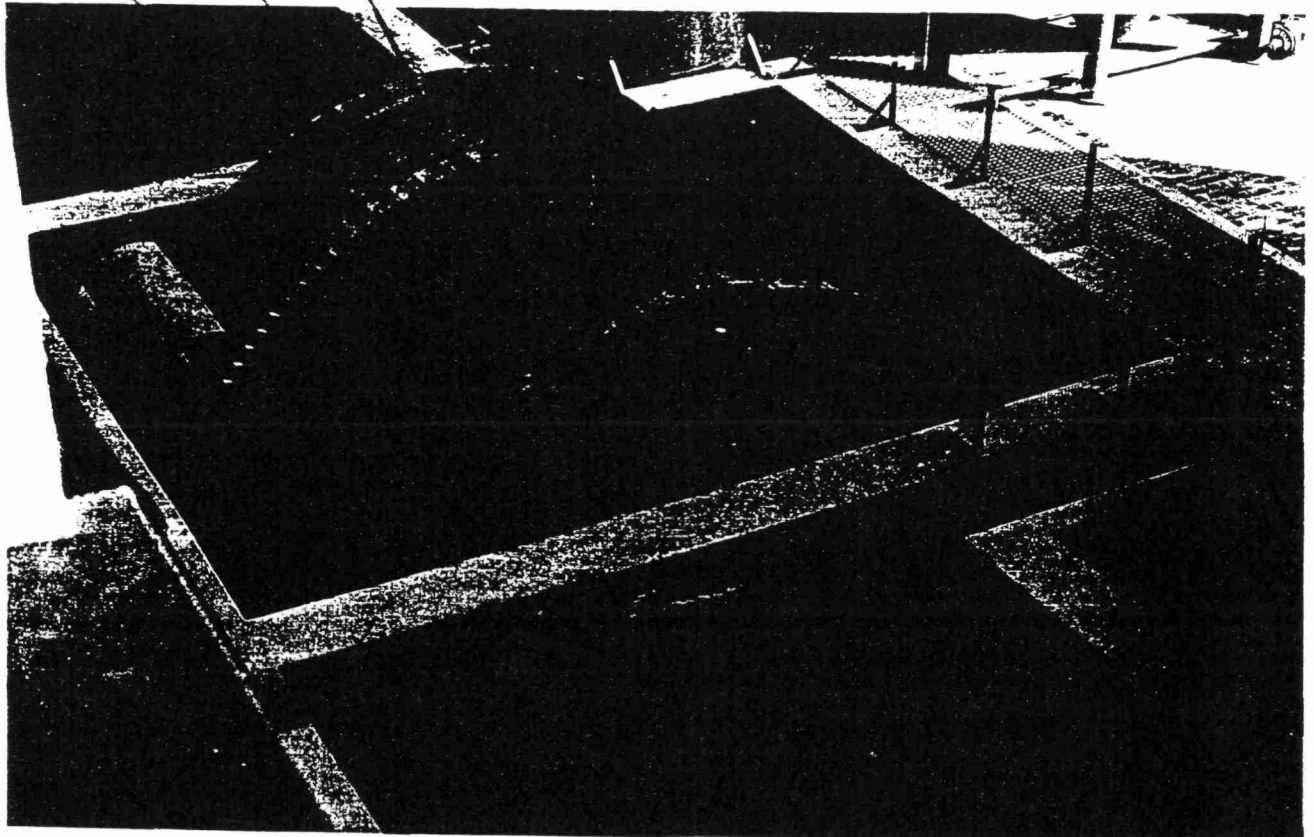
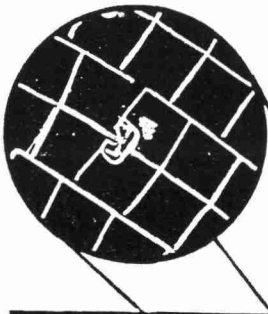
Realized in "ELICOS" multicellular sections (Patented Trade Mark)

FILTRE ROTATIF BIOLOGIQUE

Réalisé avec le profil multicellulaire breveté "ELICOS".

BIOLOGICAL ROTARYPERCULATOR

Realizados en secciones multicelulares "ELICOS"



DEPURAZIONE BIOLOGICA A ROTOPERCOLATORI O BIODISCHI

La depurazione biologica a percolatori rotanti o rotopercolatori non è una scoperta recente. Il sistema ha trovato sempre una più vasta applicazione visti gli innumerevoli vantaggi riscontrati. Il principio di funzionamento è ormai noto: la flora batterica che si forma sul supporto rotante, assorbe le sostanze organiche presenti nel liquame, in fase di immersione, si arricchisce di ossigeno presente nell'atmosfera.

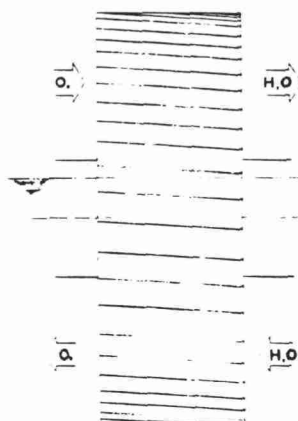
VANTAGGI

I percolatori rotanti, rispetto ad altri sistemi di depurazione biologica (fanghi attivi, letti percolatori, ecc.), si dimostrano molto più vantaggiosi per una serie di motivi:

- Ingombri ridotti, silenziosità di funzionamento, assenza di aerosol, quindi minimo impatto ambientale.
- Avviamenti veloci ed elasticità di funzionamento senza alcun intervento. Il funzionamento è regolare anche alle basse temperature.
- Notevole abbattimento di oli e grassi.
- Basso consumo di energia e manutenzioni nulle, per cui ridotti costi di esercizio.

LA SOLUZIONE PROPOSTA

Al fine di ottenere il massimo rendimento possibile, la COS.M.E. ha realizzato un particolare supporto per la biomassa, noto con il nome commerciale di "ELICOS" (brevettato). In sostanza ELICOS è un profilo multicellulare che, accoppiato reciprocamente ad altri, viene avvolto in spirale per formare i rulli dei rotopercolatori biologici. L'efficacia del trattamento biologico con i profili ELICOS è dimostrata, oltre che dall'elevata superficie specifica di contatto ottenibile (pari a 200 m²/m³) dal particolare disegno del supporto, studiato in maniera tale da permettere la crescita della flora batterica ed il suo successivo distacco, senza intasare i canali di circolo; i profili sono inclinati di alcuni gradi rispetto all'asse del rotore permettendo la circolazione del liquame ed evitando così il rischio di vuoti o ristagni di liquido all'interno dei canali.



BIODISK OR ROTARYPERCULATOR BIOLOGICAL WASTE DISPOSAL

Biological waste disposal by means of rotating percolators or rotarypercolators is not a recent discovery. However, given its innumerable advantages, the system has, over the years, found an ever widening range of applications. The basic principles of the system are, by now, well known: the bacterial flora which grows on the rotating surface absorbs the organic material that is present in the sewage, during the immersion phase while in the emersion phase, it becomes enriched with atmospheric oxygen.

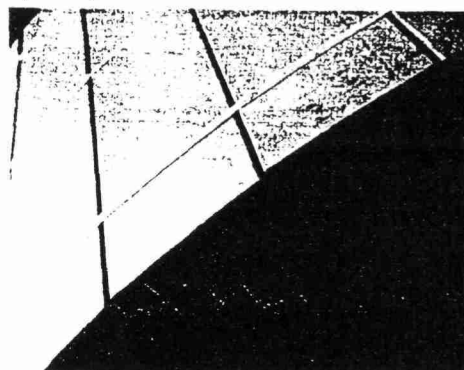
ADVANTAGES

Rotating percolators, in comparison to other biological waste disposal systems (activated sludge, percolating filters, etc.), are much more advantageous for a number of reasons:

- Reduced dimensions, silent operating, absence of aerosols and thus, less environmental damage.
- Rapid starting and operational elasticity, needing no further intervention, once installed. It also functions normally, even at low temperatures.
- Considerable breaking down of oils and fats.
- Low energy consumption with zero maintenance and therefore low running costs.

PROPOSED SOLUTION

In order to exploit the maximum capacity of the system, COS.M.E. has developed a very special support for the biomass, known commercially as "ELICOS" (patented). In essence, ELICOS consists of a series of multicellular sections all linked together in the form of a helical spiral which give rise to the rollers of the biological rotarypercolators. The ELICOS sections have been shown to be highly efficient in dealing biologically with effluent, not only because of the extensive surface area developed (equal to 200 m²/m³), but also due to the particular design of the support which has been especially studied in order to allow for the growth and subsequent removal of the bacterial flora without clogging up the channels. The sections are inclined a few degrees with respect to the axis of the rotor which means that the sewage can circulate freely, thus avoiding any risk of forming a vacuum in the channels or that the liquid stagnates in them.



EPURATION BIOLOGIQUE A FILTRES ROTATIFS OU BIODISQUES

L'épuration biologique à filtres rotatifs n'est pas une découverte récente. Le système a connu un grand nombre d'applications grâce à ses multiples avantages. Le principe de fonctionnement est bien connu: la flore bactérienne qui se forme sur le support rotatif absorbe les substances organiques présentes dans le lisier, en phase d'immersion, tandis que dans la phase d'émersion il s'enrichit d'oxygène présent dans l'atmosphère.

AVANTAGES

Les filtres rotatifs, par rapport aux autres systèmes d'épuration biologique (boues actives, lits filtrants etc...) apparaissent beaucoup plus avantageux pour une série de raisons:

- Encadrements réduits, fonctionnement peu bruyant, absence d'aérosol et donc pollution minime.
- Démarrages rapides et souplesse de fonctionnement sans aucune intervention. Le fonctionnement est régulier même en cas de basses températures.
- Abattage considérable des huiles et des graisses.
- Faible consommation d'énergie et entretien nul avec par conséquent des coûts d'exploitation réduits.

LA SOLUTION PROPOSEE

Pour obtenir le plus grand rendement possible, la Sté COS.M.E. a réalisé un support particulier pour la biomasse, connu sous le nom commercial "ELICOS" (breveté). ELICOS est un profil multicellulaire qui, accouplé à d'autres, est enroulé en spirale pour former les rouleaux des filtres rotatifs biologiques. L'efficacité du traitement biologique avec les profils ELICOS est démontrée, en plus de la surface spécifique de contact considérable pouvant être obtenue (égale à 200 m²/m³), par le dessin particulier du support, étudié de façon à permettre la croissance de la flore bactérienne et son détachement successif, sans boucher les conduits de circulation: les profils sont inclinés de quelques degrés par rapport à l'axe du rotor ce qui permet au lisier de circuler et évite le risque de vides ou de stagnation du liquide à l'intérieur des canaux.

BIODISCO PERCOLADOR BIOLÓGICO ROTATORIO

La posibilidad de utilizar para el tratamiento de aguas residuales los Percoladores Rotatorios Biológicos no es un descubrimiento reciente. El sistema se ha ido abriendo camino debido a sus innumerable ventajas, siendo utilizado en un abanico cada vez mayor a estas alturas de su desarrollo: su principio de funcionamiento es bien conocido: la flora bacteriana, que se desarrolla en la superficie rotatoria absorbe el material orgánico presente en las aguas residuales durante su periodo de inmersión, oxigenándose en cambio durante el tiempo que esta en contacto con el aire.

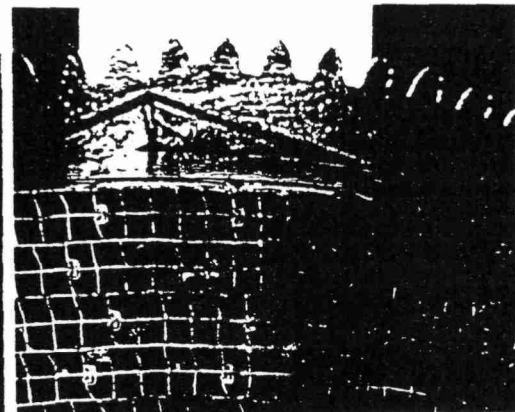
VENTAJAS

Los percoladores rotativos en comparación con otros sistemas biológicos de eliminación de residuos (lodo activado, lechos filtrantes, etc.); son mucho más ventajosos por un gran número de razones:

- Dimensiones reducidas, funcionamiento silencioso, ausencia de aerosoles, y por consiguiente, menor riesgo para el medio ambiente.
- Arranque rápido y elasticidad operacional, no precisándose nuevas intervenciones, una vez instalado. Funciona, normalmente, incluso a bajas temperaturas.
- Considerable destrucción de aceites y sólidos.
- Bajo consumo energético, sin gastos de mantenimiento, y por ello, bajos costes de funcionamiento.

SOLUCION PROPUESTA

Para explotar la máxima capacidad del sistema, COS.M.E., ha desarrollado un soporte muy especial para la biomasa, conocido comercialmente como "ELICOS" (patentado). En esencia, ELICOS, consiste en una serie de secciones multicelulares unidas en forma de espiral helicoidal, las cuales forman los cilindros del percolador rotativo biológico. Las secciones ELICOS, han demostrado ser altamente eficientes biológicamente. Las secciones "ELICOS", han demostrado ser altamente eficientes biológicamente, no sólo debido a la grandísima superficie desarrollada (200 m²/m³), si no también por el diseño particular del soporte, que ha sido estudiado especialmente, con el fin de permitir el crecimiento y posterior evacuación de la flora bacteriológica sin atascamiento en los canales. Las secciones están inclinadas unos pocos grados con respecto al eje del rotor, lo que implica que los residuos pueden circular libremente; evitando, por consiguiente, el riesgo de formación de vacío en los canales, o que el líquido se quede estancado en ellas.



CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Le percoladores rotativos biológicos fabricados por COS.M.E. sono unità modulari prodotte con le più accurate tecniche costruttive garantendo qualità e durata. Il modulo base è composto da un cilindro portante in acciaio accoppiato su cui vengono avvolti i profili "ELICOS" a formare due rulli, il moto di rotazione del modulo è ottenuto dall'accoppiamento del pignone motore con la corona dentata condotta, posta tra i due rulli e divisa in settori fresati. L'intera struttura è sostenuta da profilati in acciaio fissati tramite bulloni al cilindro portante. Ogni parte in acciaio è sabbiata e protetta con verniciatura a resine epossidiche.

MASSIMA VERSATILITÀ

Su di un medesimo asse e dunque con un'unica motorizzazione, possono essere collegati fino a tre moduli da due rulli ciascuno, nello stesso tempo può essere variato il diametro dei rulli a seconda della superficie di contatto richiesta. Nella tabella sono indicate le combinazioni standard.

CONSTRUCTION FEATURES

The biological rotary percolators made by COS.M.E. are modular units using the most accurate construction techniques available in order to guarantee their quality and durability. Each module consists of a carbon steel support cylinder, around which the "ELICOS" sections are wound to form two rollers. The module rotates as a result of coupling the pinion motor to the crown gear conduit, situated between the two rollers and divided in milled sections. The entire structure is supported by structural steel bars fixed to the support cylinder by means of bolts. All the steel parts have been sandblasted and painted with a protective epoxy resin.

MAXIMUM VERSATILITY

Up to three two roller modules can be attached to the one basic cylinder utilizing only one drive motor. At the same time, the diameter of the rollers can be varied, depending on the total surface area required. The table shows the standard combinations.

CARACTERISTIQUES DE CONSTRUCTION

Les autres rotatifs biologiques réalisés par la Sté COS.M.E. sont des unités modulaires produites avec les techniques de construction les plus soignées, garantissant leur qualité et leur durée. Le module de base est composé d'un cylindre porteur en acier au carbone sur lequel sont enroulés les profils "ELICOS" de façon à former les deux rouleaux; le mouvement de rotation du module est obtenu par l'accouplement du pignon moteur avec la couronne dentée entraînée, située entre les deux rouleaux et divisée en secteurs fraisés. Toute la structure est soutenue par des profilés en acier fixés au moyen de boulons au cylindre porteur. Toutes les parties en acier sont sablées et protégées par une peinture à base de résines époxy.

LA PLUS GRANDE VERSATILITE

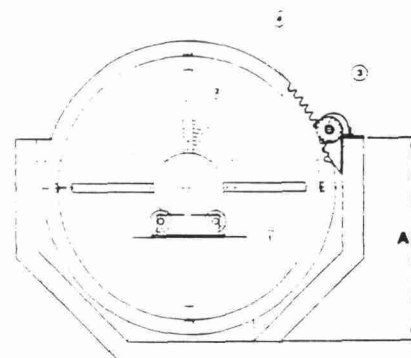
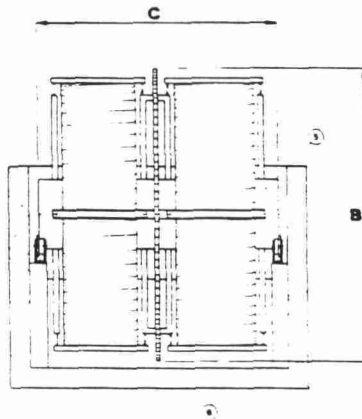
Sur le même axe et donc avec un seul moteur on peut coupler jusqu'à trois modules de deux rouleaux chacun; en même temps on peut modifier le diamètre des rouleaux suivant la surface de contact requise. Le tableau indique les combinaisons standard.

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

Los percoladores rotativos biológicos fabricados por COS.M.E. son unidades modulares realizadas utilizando las técnicas de construcción más cuidadas para así garantizar su calidad y duración. Cada módulo se compone de un soporte cilíndrico de acero al carbono alrededor del cual las secciones "ELICOS" son enrolladas para obtener dos cilindros. El módulo gira, como resultado del acoplamiento del piñón del motor a la corona del engranaje situado entre los dos cilindros y dividido en secciones mecanizadas. Todo el aparato está soportado por una estructura de barras de acero fijadas al soporte de barras cilíndrico por medio de bulones. Todas las partes de acero han sido chorreadas con arena y pintadas con una pintura protectora de resina epoxi.

MAXIMA VERSATILIDAD

Hasta tres módulos de dos cilindros pueden estar unidos a un cilindro básico, utilizando solamente un motor. Al mismo tiempo, el diámetro de los cilindros puede variar dependiendo de la superficie total requerida. La tabla muestra las combinaciones estándar según modelos.



1 - Supporti cuscinetti - Supports - Bearing Supports - Supports coussinets - 2 - Profili "ELICOS" avvolti in spirale - Secciones elicoidales - "ELICOS" Helically wound sections - Profili "ELICOS" enrolados en espirale - 3 - Pignone motorvariante - Variador de velocidad - Gearmotor variable motion pinion - Pignon motorvariante - 4 - Corona dentada - Conducto de la corona dentada - Crown gear conduit - Couronne dentée entraînée - 5 - Cilindro portante - Cilindro transportador - Load bearing cylinder - Cilindro portante - 6 - Struttura di supporto rulli - Estructura del soporte cilíndrico - Roller Support structure - Structure de support rouleaux

MODELLO MODELE MODELO MODEL	INGOMBRI / DIMENSIONES DIMENSIONS / DIMENSIONS D'ENCOMBREMENT			POT. POT. POW PUISS. kW	Sup. contatto Superficie Surf. area Surf. contact m ²	INGOMBRI / DIMENSIONES DIMENSIONS / DIMENSIONS D'ENCOMBREMENT			POT. POT. POW PUISS. kW	Sup. contatto Superficie Surf. area Surf. contact m ²	INGOMBRI / DIMENSIONES DIMENSIONS / DIMENSIONS D'ENCOMBREMENT			POT. POT. POW PUISS. kW	Sup. contatto Superficie Surf. area Surf. contact m ²
	A	B	C			A	B	C			A	B	C		
	RE 180	2100	2500	2500	0.55	600	2100	2500	5000	0.75	1200	2100	2500	7500	1.1
RE 220	2100	2500	2500	0.55	1000	2100	2500	5000	0.75	2000	2100	2500	7500	1.1	3000
RE 260	2450	3200	2500	0.75	1500	2450	3200	5000	1.1	3000	2450	3200	7500	1.5	4500
RE 300	2450	3200	2500	0.75	2000	2450	3200	5000	1.1	4000	2450	3200	7500	1.5	6000

MATERIALI DI COMPLE- MENTO

I rotopercolatori sono sostenuti alle estremità da appositi supporti cuscinetto con ruote in acciaio e boccole di rotolamento in materiale plastico autolubrificante in acqua.

È di fornitura della COS.M.E. anche la staffa di sostegno ed il motovariatore riduttore a cui va accoppiato il pignone che trasferisce il moto di lenta rotazione al modulo (circa 1 giro al minuto). Vengono forniti inoltre, i disegni esecutivi delle vasche in cemento dove verranno installati i moduli.

SUPPLEMENTARY EQUIPMENT

The ends of rotary percolators rest on special bearing supports made of steel wheels which turn in plastic bushes that are self-oiling in water.

COS.M.E. also supplies the support clip and the gearmotor which has various speeds and that is coupled to the pinion which, in turn rotates the module slowly (approximately 1 revolution per minute). Furthermore, the plans for the concrete tanks in which the modules are installed, are also provided.

MATERIELS ACCESSOIRES

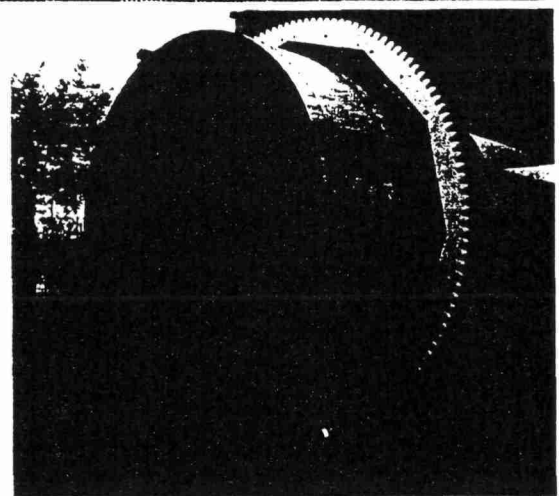
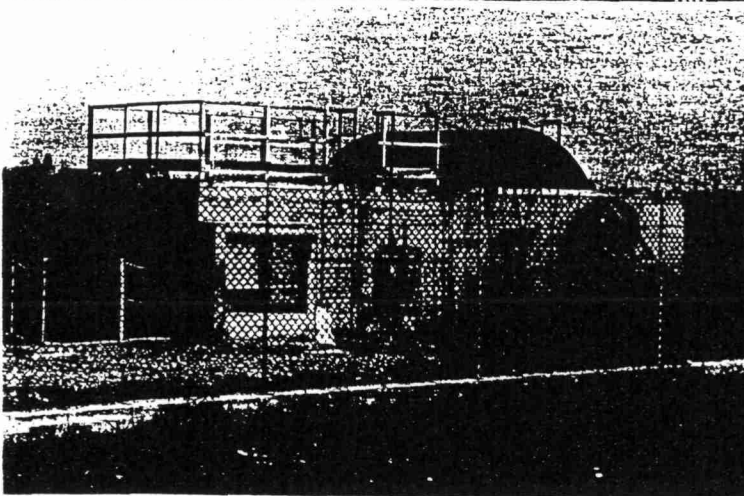
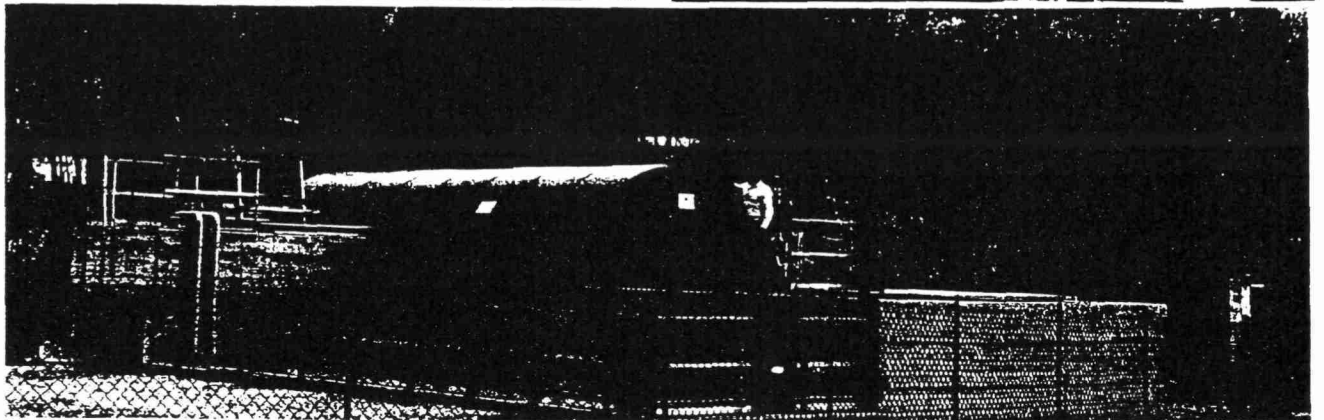
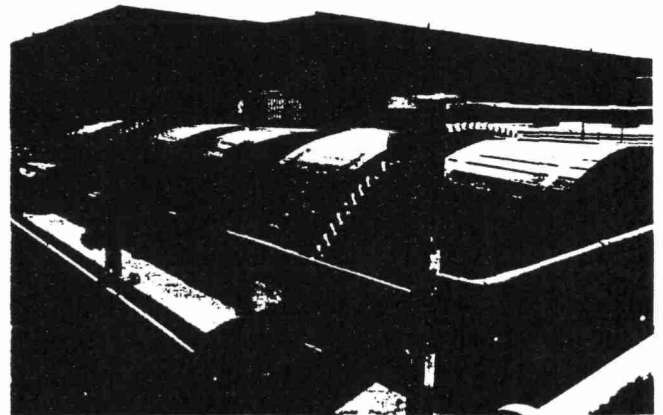
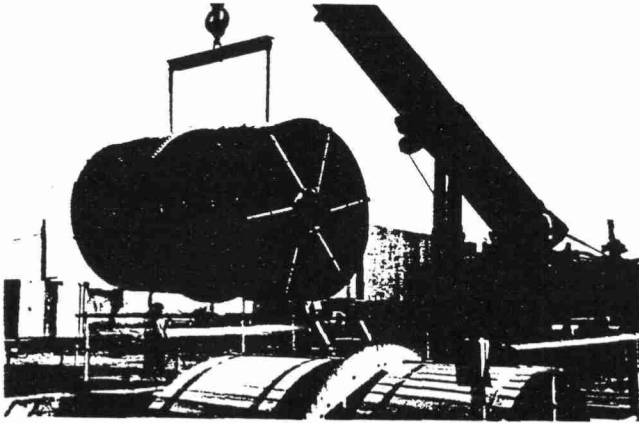
Les filtres rotatifs sont soutenus aux extrémités par des supports coussinets spéciaux avec roulettes en acier et boîte de roulement en matière plastique autolubrificante dans l'eau.

La Sté COS.M.E. fournit également la bride de soutien et le motovariateur auquel doit être accouplé le pignon qui transfère le mouvement de rotation lente au module (environ 1 tour/minute). Elle fournit également les dessins exécutifs des cuves en béton où seront installés les modules.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Los extremos de los percoladores rotativos descansan en soportes especiales de apoyo hechos de ruedas de acero, que giran en conductos de autolubricación con agua.

COS.M.E. también suministra la abrazadera del soporte y del engranaje del motor. (con varias velocidades), que está acoplado al piñón, el cual, a su vez hace girar el módulo lentamente (aproximadamente 1 revolución por minuto). Por supuesto, los planos para las cubetas de cemento, en las cuales se instalan los módulos, se suministran.



Le caratteristiche tecniche del presente depliant non sono impegnative, per qualsiasi informazione vi preghiamo di consultare il nostro ufficio tecnico.

Las características técnicas de este folleto solo son una referencia. Para una mayor información consulte a nuestro departamento técnico.

The technical features in this brochure are for reference only. For any further information, please consult our technical department.

Les caractéristiques techniques contenues dans ce dépliant ne nous engagent pas; pour toute information, nous vous prions de bien vouloir vous adresser à notre service technique.

MACCHINE PER L'ECOLOGIA

Via Torino, 6 (fraz. Marola)
36040 Torri di Quartesolo (VI) - Italy

Annexe 2 :
Documents de la société S2M

ROTOR A SEGMENTS « K D »

KLARGESTER - S 2 M

A- PROGRES DU PROCEDE « DISQUES BIOLOGIQUES »

B- TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION DU ROTOR « KD »

A - Le développement du procédé concerne un double objectif :

☞ **Renforcer** et augmenter les performances du disque biologique tout en limitant l'encombrement et le nombre de batteries (Rotor)

☞ **Optimiser** la densité du matériau support de culture en fonction des bactéries spécifiques (Épaisseur du gazon biologique)

Augmenter la surface de culture en employant un matériau disposé de manière plus dense est un moyen, toutefois si l'on songe "Augmentation de surface" on doit penser, également, "Accroissement du nombre de bactéries fixées actives" afin que cet argument soit véritable il faut que TOUTE la surface développée soit vraiment UTILE.

Pour cela il faut améliorer, aussi, la circulation de l'effluent à travers le support biologique. Le ROTOR KD réalise la synthèse de ces deux contraintes.

En effet, un ROTOR KD est constitué de plusieurs segments assemblés mais non JOINTIFS, entre eux, mais AUSSI au niveau de l'arbre central, un espace annulaire de 200 mm est totalement libéré, cette disposition exclusive permet :

L'irrigation complète de la surface (L'effluent traverse entièrement chaque segment)

La diffusion de l'oxygène est maximum (Pas de zones mortes, au niveau de l'arbre)

L'évacuation des boues en excès (Renouvellement des bactéries)

Cet espace annulaire est **CAPITAL**. Il rend impossible tout colmatage au niveau de l'arbre central, un embourbement à cet endroit entraîne une mise en anaérobiose des bactéries ayant pour conséquences :

✓ Une chute importante des performances (l'argumentation concernant l'augmentation de surface devient nulle)

✓ La formation de balourds irréductibles.

✓ La formation d'odeurs.

Le deuxième objectif "Optimisation de la surface" peut alors être envisagé.

Un des avantages du procédé Disques Biologiques est de permettre le développement, sur une même chaîne de traitement, de bactéries différentes. Le fractionnement du support permet la croissance de bactéries spécifiques, il est facile de le constater en remarquant que l'épaisseur du film biologique décroît sur les différents étages (Rotors) de l'amont vers l'aval.

On peut donc, sur une même installation, faire varier la densité des supports de culture.

KLARGESTER propose Trois densités de supports

150 m²/m³ : Premier étage d'une chaîne de traitement de la DBO.

180 m²/m³ : Poursuite et finition du traitement (polissage).

210 m²/m³ : Nitrification ou traitements particuliers.



TSVP

- ROTOR KD

Matériau support de culture :

Les segments sont constitués de feuilles de POLY-PROPYLENE COPOLYMER Thermoformées. Ce matériau est idéal car :

- Il est incassable (Chocs vandalisme)
- Absolument insensibles aux hydrocarbures et solvants chlorés.
- Imputrescible.
- Insensible aux U.V. (Vieillessement).

Construction du ROTOR KD.

Les fiches ci-jointes, fournissent tous les détails sur l'assemblage et la technologie employée.

La conception du ROTOR KD résoud le problème de la résistance mécanique, tel que rencontré sur les batteries de disques de l'ancienne génération. En effet, tous les efforts et les contraintes, tant statiques que dynamiques, sont repris EXCLUSIVEMENT, par un châssis métallique, donc facile à calculer. Le matériau plastique ne participe d'aucune manière, à l'équilibre ni à la stabilité du Rotor. Ce progrès est essentiel, des problèmes, non résolus autrefois avec les anciennes conceptions, tels que les dilatations différentielles entre les matériaux, sont supprimés.

Chaque composant du ROTOR KD est aisément *démontable* et *interchangeable*, l'hypothèse du remplacement complet d'un Rotor, avec son coût, appartient désormais au Passé.

Les Techniques les plus performantes sont utilisées pour la conception de l'équilibrage et de la mise en rotation.

◆ Les Paliers sont équipés de roulements à rouleaux de type auto-aligneur démontables en deux parties. Cet équipement est livré en standard sur les Rotors de 3.66 m de diamètre et en option sur les modèles de 3 m de diamètre. Cette technologie présente un intérêt extraordinaire pour les opérations de maintenance.

◆ L'entraînement des Rotors est assuré par un moto-réducteur de type « Arbre creux » monté directement sur l'arbre. L'immobilisation est assurée par une Frette à Disques de Serrage, apportant, là aussi une excellente facilité de maintenance.

Il est évident que l'emploi de technologies, telles que décrites ci-dessus, nécessitent une fabrication exemplaire de l'arbre central. Les Transmissions de type périphérique "Engrenage/engrenage" ou plutôt "Galet/Roue dentée" utilisé par KLARGERSTER, sur les Micros-Stations d'épuration préfabriquées ne sont plus employées sur les ROTORS KD au delà de 2.35 m de diamètre, ceci en raison des coûts de maintenance.

**LES ROTORS « KD » DANS
LES STATIONS
D'EPURATION**

**A POPULATION VARIABLE
ET EN MONTAGNE**

D.DUBOST -DIRECTEUR SOCIETE S2M

PRELIMINAIRE

Tous les Techniciens sont unanimes pour dire que ce sont les chocs de toute nature qui peuvent perturber une station d'épuration biologique

- Chocs de pollution
- Chocs hydraulique
- Chocs thermiques

En pratique, dans le cas de boues activées, il est recommandé de fractionner les bassins afin de faire varier la charge massique, il convient toutefois de bien comprendre que si tous ces artifices d'exploitation sont réalisables au niveau des grandes stations, il ne le sont plus au niveau des petites, à savoir de 500 à 15 000 habitants.

ADAPTATION DES ROTORS KD AUX CHARGES VARIABLES.

A - PHENOMENES BIOLOGIQUES

Le Procédé « ROTOR KD » est avant tout utilisé, en fonctionnement normal, à Haute Charge, la croissance des bactéries étant régie par la loi sur la dynamique des populations bactériennes, nous maintenons le processus de développement dans la phase de croissance exponentielle.

En fonction du rendement à obtenir les charges appliquées sont de l'ordre de 7 à 10 gr de DBO/m²/Jour

Il est certain qu'en cas de sous charge et ceci jusqu'à 1 gr DBO/m²/jour, il se produira, sur les Rotors, une amorce de nitrification avec, éventuellement, une nitrification totale à la limite.

Le support bactérien, tant recherché, restera intact sur les Rotors KD quelle que soit la charge.

Surcharge - En cas d'afflux brutal de la pollution les bactéries n'auront pas à se diviser dans l'eau sur un support immatériel mais entreront, de suite, dans la phase de croissance exponentielle.

Les Rotors KD ne travaillent pas en fonction de la quantité d'O₂ introduit par Kg de DBO réduite, mais, tout simplement, en pourcentage d'épuration en fonction de la charge appliquée et le pourcentage dépend de la surface mise en oeuvre.

LA REGULATION DU PROCESSUS BIOLOGIQUE EST INDEPENDANTE DE TOUTE INTERVENTION HUMAINE, IL S'AGIT D'UN VERITABLE AUTOMATISME NATUREL.

Passer de la faible charge à la haute charge n'est pas un problème de variation de charges massiques, mais, tout simplement, une variation de l'épaisseur du film biologique.

Un organisme qui mange plus épaisse plus vite.

De plus l'augmentation de la charge ne se traduit pas par une augmentation de la concentration des bactéries en POURCENTAGE dans un volume d'eau, phénomène difficile à contrôler en permanence, mais par un développement et une croissance massive des bactéries sur un support.

Nous avons donc à faire à un phénomène de CROISSANCE-NATURELLE.

Mise en oeuvre pratique. Le fractionnement des bassins est recommandé, la station à Rotors KD est fractionnée naturellement et chaque étage de Rotor peut être considéré comme une partie de la station.

A l'inverse des boues activées, la mise en route ou l'arrêt, de chaque étage, ne demande aucune précaution spéciale, L'ENSEMENCEMENT ETANT AUTOMATIQUE.

CONCLUSION : Les stations équipées de Rotors KD fonctionnent merveilleusement bien en sous charge. La mise en régime, lors de l'arrivée des Touristes est très rapide, on peut l'accélérer encore en ensemençant les Rotors, par des eaux de retour du digesteur anaérobie, ce qui participe et aide, encore, à la reconstitution des bactéries.

Un rendement épuratoire de 80 % est pratiquement atteint en 4 à 8 jours.

B - PHENOMENES HYDRAULIQUES

Les bactéries sont fixées sur un support constitué par le ROTOR KD. Les surcharges hydrauliques sont absolument sans effets, aucun risque d'entraînement et de perte de floc bactérien.

Sécurité Totale.

C - PHENOMENES THERMIQUES

Nous disons d'emblée, que la culture développée sur les Rotors KD n'est pas à la température de l'eau, mais à sa température propre car elle est concentrée sur un support

En effet il est à noter qu'avec les Rotors KD, le dégagement calorifique, dû au métabolisme bactérien, se répartit à la fois dans l'eau et dans l'air, alors qu'avec les Boues activées, il concourt essentiellement au réchauffement de l'eau

Il est bien évident que le floc biologique concentré entre 1 et 2,5 gr/l, en boues activées, est nécessairement, à la température de l'eau, qu'il ne peut élever de 1° C au maximum. Par contre, le floc biologique des Rotors, soit 1,5 Kg/m², n'est pas à la température de l'eau et le métabolisme interne sert à le réchauffer et à lui conférer cette chaleur, si précieuse à tout phénomène biologique

D'autre part nous avons constaté que lorsque la température extérieure descendait à -20,-30°C, la Température dans le local des Rotors, se maintenait à 4 ou 5 °C, or c'est cette température que l'oxygène est respiré par les bactéries.

En Boues Activées, lorsqu'il s'agit d'aérateurs de surface, c'est de l'air à -20°C qui est assimilé, et de plus, l'eau est refroidie, lorsque l'air provient de surpresseurs, elle est très légèrement réchauffée mais pas aussi intensément que par le métabolisme se produisant au sein des cultures se développant sur les Rotors.

Dans les petites stations d'épuration, *une différence de température de 1°C est d'une importance capitale.* La notion de température de la culture biologique, en tant que constante, est importante, car dans les petites stations la température de l'eau peut varier très rapidement.

LES ROTORS KD, EN RAISON DE L'INERTIE

CALORIFIQUE DE LA CULTURE BIOLOGIQUE. NE SOUFFRENT PAS DES VARIATIONS BRUTES DE TEMPERATURE.

D - CONCLUSIONS

Par cette petite étude, nous avons voulu montrer que le Procédé «ROTOR KD» S'adaptait parfaitement aux stations d'épuration desservant des populations variables et que la charge en DBO/m² n'avait pas de limite inférieure.

Un taux de variation de population journalière supérieur à 3, en un jour, ou 5 en deux jours, peut être aisément traité par une station équipée de Rotor KD et d'un décanteur primaire.

Lorsque les rapports sont supérieurs (Pâques - Noël) il peut être utile de préparer la culture biologique par le retour temporaire des eaux du digesteur.

Nous attirons l'attention des Maîtres d'Oeuvre et d'Ouvrage, sur la difficulté de faire exploiter les petites stations et de les adapter, en continu, aux charges, paradoxalement, il est infiniment plus facile, sur le plan technique, de faire fonctionner une station d'épuration de 100 000 habitants, qu'une petite station d'épuration en pays froid avec une population variable de 1 à 10.

L'automatisme NATURELLE du procédé ROTOR KD et sa souplesse, permettent, de surmonter bien des difficultés.

S 2 M

ROTORS KD KLARGESTER

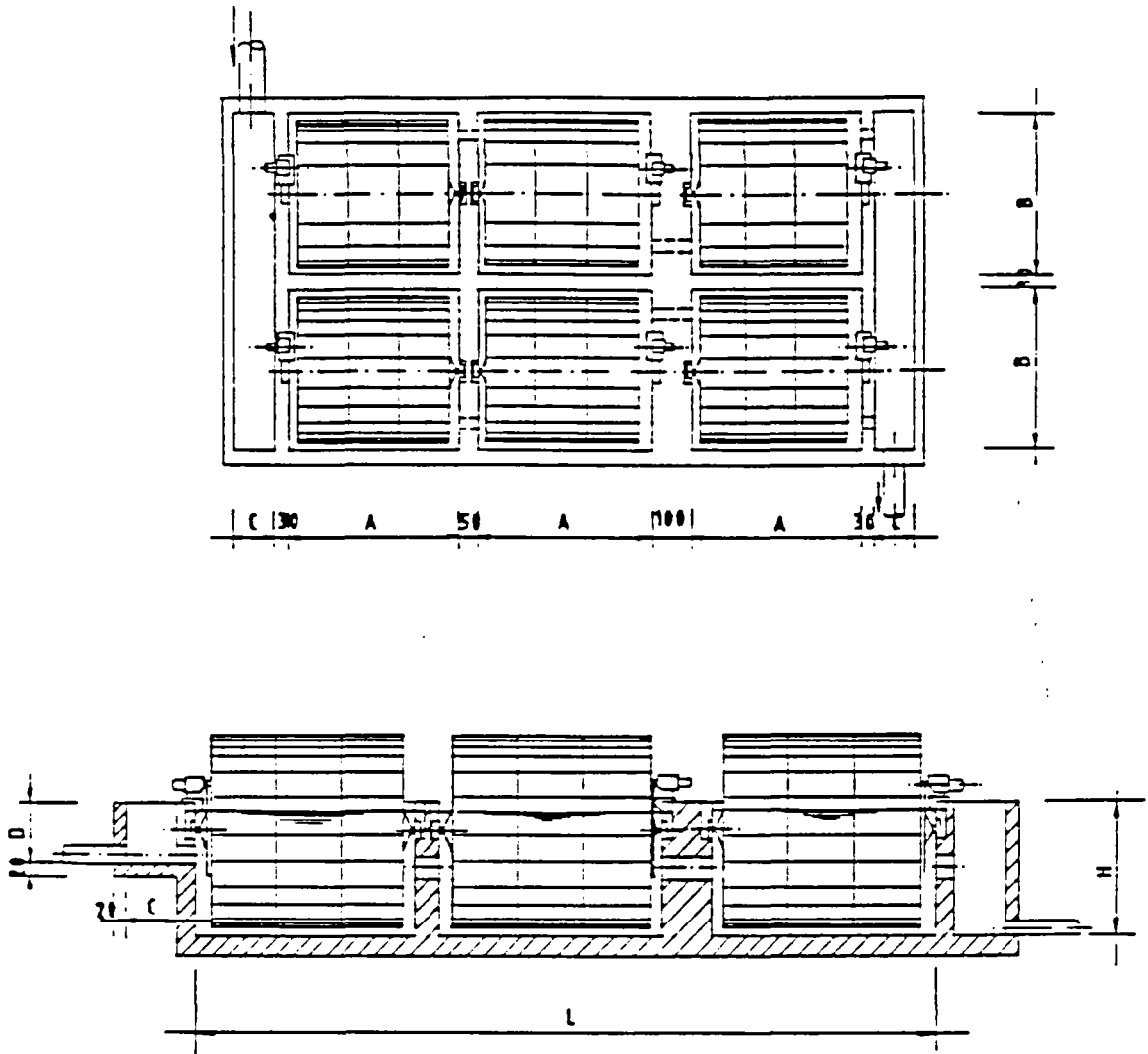
REFERENCES - S 2 M

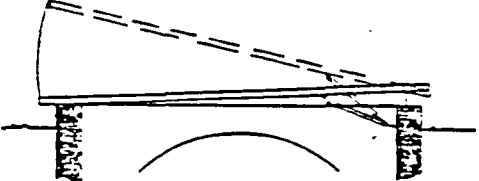
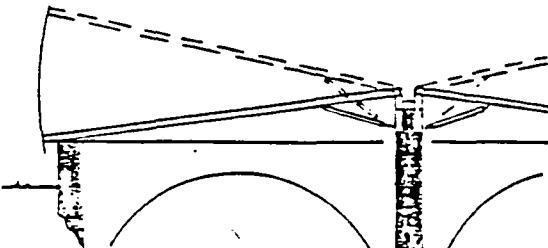
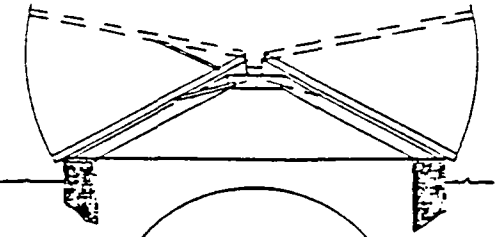
LIEU	N° de ROTORS	SURF. UNITAIRE	TYPE*	DATE
<u>FRONTENEX</u> 73 (Savoie)	2 Ø 3 m	4 575 m ²	N	5/87
<u>MIRIBEL LES</u> <u>EHELLES</u> 38 (Isère)	1 Ø 3 m	2 814 m ²	R	9/87
<u>FLAINE 74</u> (Hte Savoie)	4 Ø 3 m	4 100 m ²	E	9/87
<u>FONTAINES</u> 71 (S & L)	2 Ø 3 m	4 750 m ²	E	10/88
<u>CHERBOURG</u> Communauté Urbaine 50 (Manche)	5 Ø 3 m	5 730 m ²	R	11/88
<u>GRESSE EN</u> <u>VERCORS</u> 38 (Isère)	2 Ø 3 m	6 708 m ²	N	4/89
<u>BERNEX 74</u> (Hte Savoie)	1 Ø 3.66m	6 505 m ²	N	9/89
<u>SAVINES le LAC</u> 05 (H.Alpes)	1 Ø 3 m	4 020 m ²	E	7/90
<u>LARAGNE</u> <u>MONTEGLIN</u> 05 (H.Alpes)	3 Ø 3 m	2 de 6 753 m ² 1 de 8 107 m ²	N	9/90
<u>ISBERGUES 62</u> (Pas de Calais)	2 Ø 3 m	5 159 m ²	R	11/90
<u>SALUC S.A.</u> 7604 CALLENELLE (BELGIQUE)	2 Ø 4.25 m	2 de 11 592 m ²	N	10/91
<u>FLAINE 74</u> (Hte Savoie)	1 Ø 3 m	4 100 m ²	E	10/93

- * TYPE : N Station d'épuration nouvelle
R Station d'épuration renovée
E Extension de station d'épuration existante

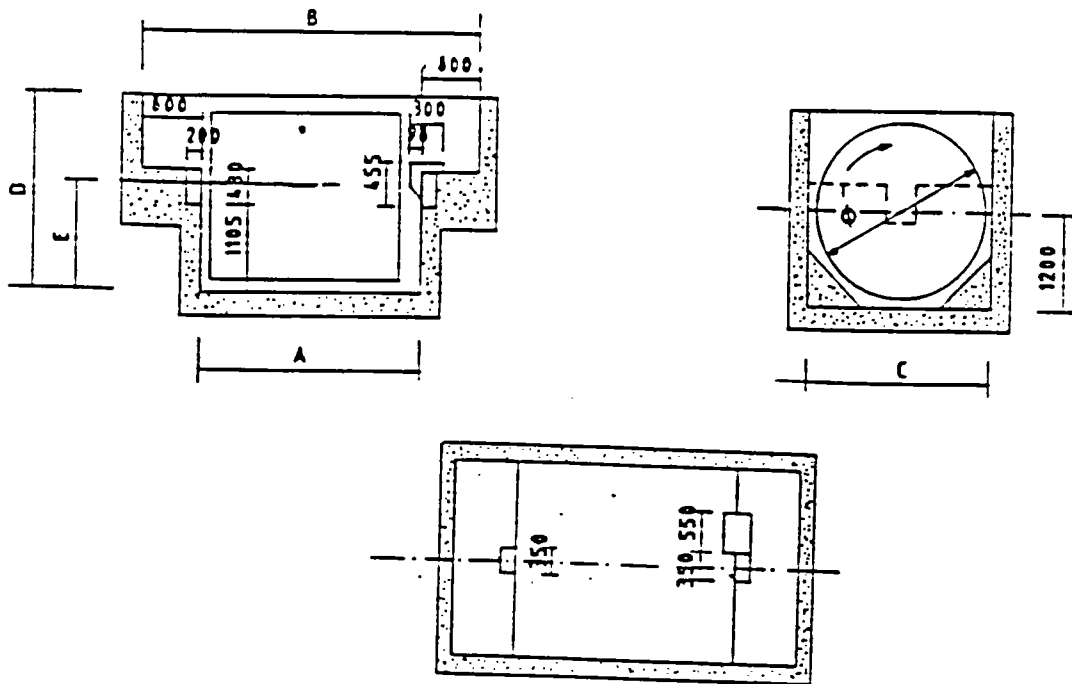
Annexe 3 :
Documents de la société LEITNER

BASSIN D'AERATION AVEC DISQUES BIOLOGIQUES



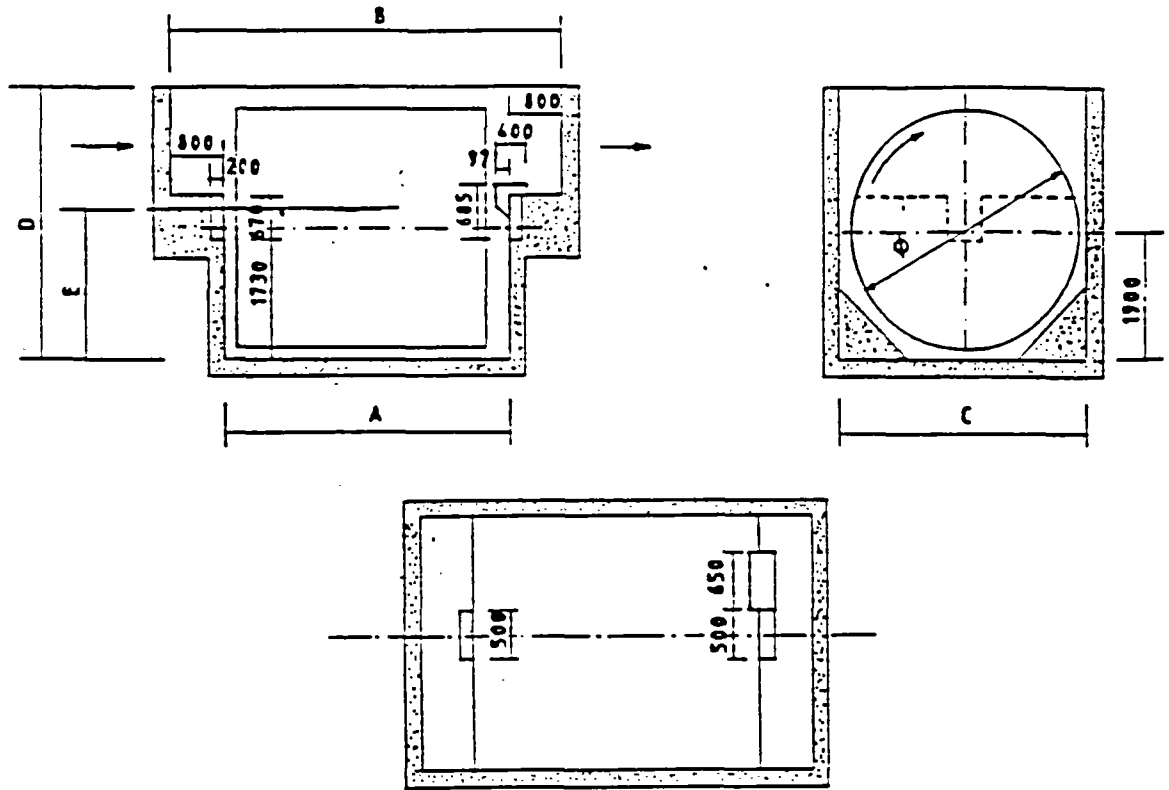
DIFFERENTS TYPES	TYPE	Ø TURBINE	DIMENSIONS LARGEUR-LONGUE
	ABD 21 - P1-1	2.10	1.12 x 3.20
	ABD 21 - P1-2	2.10	2.12 x 3.20
	ABD 35 - P1-1	3.50	1.12 x 4.70
	ABD 21 - P2-1	2.10	1.12 x 2.90
	ABD 21 - P2-2	2.10	2.12 x 2.90
	ABD 35 - P2-1	3.50	1.12 x 4.40
	ABD 35 - S1-1	3.50	1.12 x 2.62
	ABD 35 - S1-2	3.50	2.12 x 2.62

TYPE K (Types 21-04 K / 21-08 K / 21-12 K)



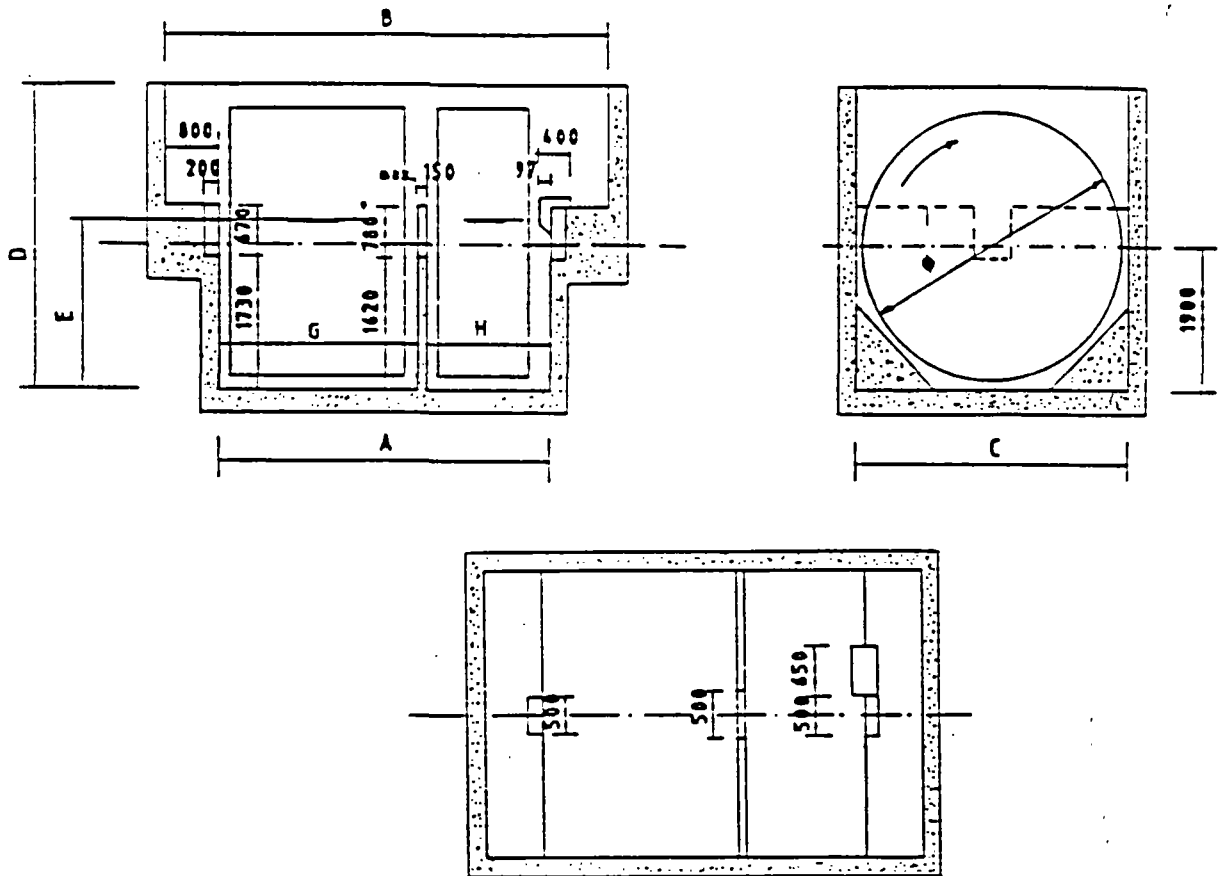
Configurations	Types	Superficie bactérielle		Volume du bassin	Mesures principales						Puissance Moteur KW	Poids nets Kg
		S m ²	H m ²		Ø	A	B	C	D	E		
[Icon]	21 - 04 K S	610		5	2.10	1.74	3.34	2.40	2.50	1.40	0.37	1300
	21 - 04 K H		1020									1350
[Icon]	21 - 08 K S	1220		8	2.10	3.01	4.61	2.40	2.50	1.40	0.75	1700
	21 - 08 K H		2040									1800
[Icon]	21 - 12 K S	1830		11	2.10	4.29	5.89	2.40	2.50	1.40	1.1	2500
	21 - 12 K H		3060									2500
[Icon]	35 - 15 K S	2200		16	3.50	2.27	3.87	3.80	4.00	2.25	1.1	3650
	35 - 15 K H		3660									3800
	35 - 18 K S	2740		18	3.50	2.67	4.27	3.80	4.00	2.25	1.1	4300
	35 - 18 K H		4580									4500
	35 - 22 K S	3300		21	3.50	3.07	4.67	3.80	4.00	2.25	1.5	4600
	35 - 22 K H		5500									4850
[Icon]	35 - 28 K S	4110		26	3.50	3.75	5.35	3.80	4.00	2.25	2.2	5650
	35 - 28 K H		6870									5950
	35 - 33 K S	4950		30	3.50	4.35	5.95	3.80	4.00	2.25	2.2	6200
	35 - 33 K H		8250									6500





TYPE K (TYPE 35-15 K / 35-18 K / 35-22 K / 35-28 K / 35-33 K)



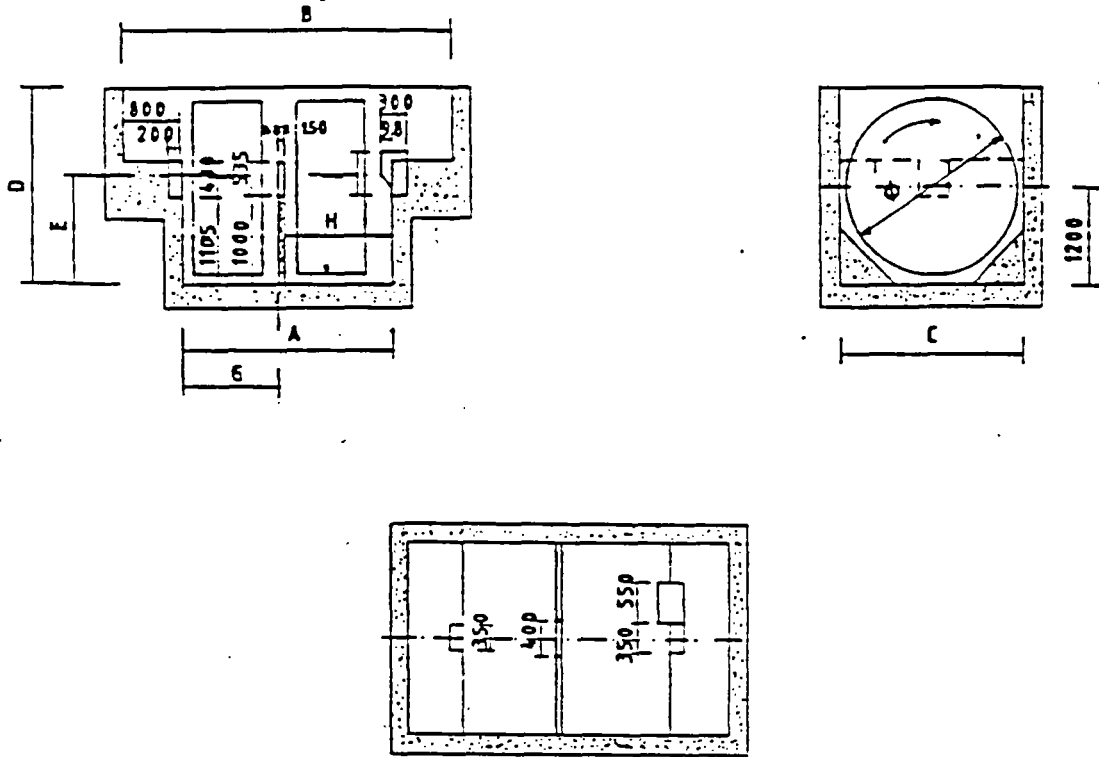
Configurations	TYPE	Superficie bactérielle		Volume du bassin	Mesures principales					Moteur KW	Poids	
		S m ²	H m ²		Φ m	A m	B m	C m	D m			E m
[Icon]	21 - 04 K S	610		5	2.10	1.74	3.34	2.40	2.50	1.40	0.37	13
	21 - 04 K H		1020									12
[Icon]	21 - 08 K S	1220		8	2.10	3.01	4.61	2.40	2.50	1.40	0.75	17
	21 - 08 K H		2040									18
[Icon]	21 - 12 K S	1830		11	2.10	4.29	5.89	2.40	2.50	1.40	1.1	21
	21 - 12 K H		3060									2
[Icon]	35 - 15 K S	2200		16	3.50	2.27	3.87	3.80	4.00	2.25	1.1	31
	35 - 15 K H		3660									31
	35 - 18 K S	2740		18	3.50	2.67	4.27	3.80	4.00	2.25	1.1	41
	35 - 18 K H		4580									41
	35 - 22 K S	3300		21	3.50	3.07	4.67	3.80	4.00	2.25	1.5	41
	35 - 22 K H		5500									41
[Icon]	35 - 28 K S	4110		26	3.50	3.75	5.35	3.80	4.00	2.25	2.2	51
	35 - 28 K H		6870									51
	35 - 33 K S	4950		30	3.50	4.35	5.95	3.80	4.00	2.25	2.2	61
	35 - 33 K H		8250									65

TYPE L (TYPE 35-15 L / 35-18 L / 35-22 L / 35-26 L / 35-29 L / 35-33 L)



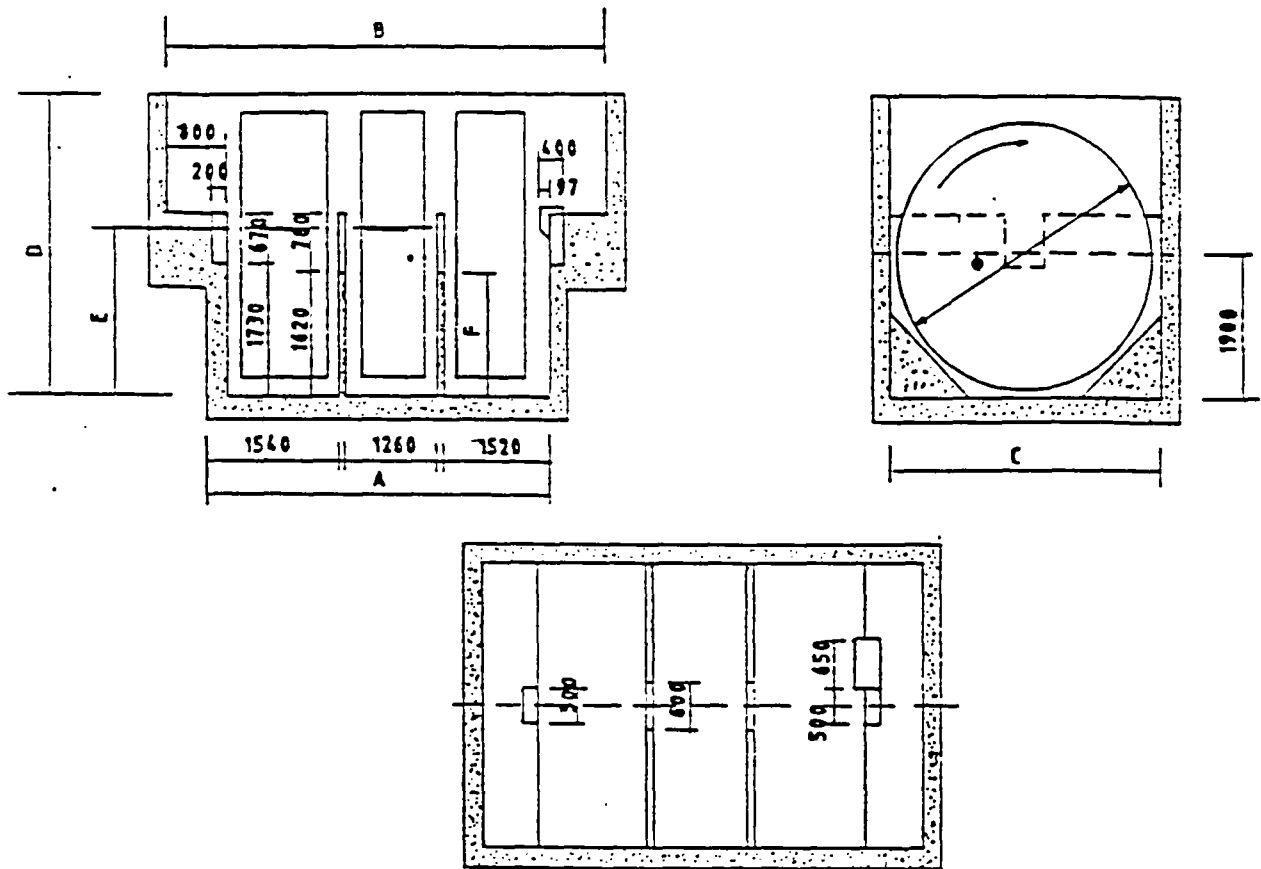
Configurations	Types	Superficie bactérielle			Volume	Mesures principales										Puissance KW	Poids Kg
		S	H	TOT.		Ø	A	B	C	D	E	F	G	H			
	71-04 L SH	310	510	820	5	2.10	2.09	3.69	2.40	2.50	1.40	1.00	0.93	1.06	0.37	1350	
	21-07 L SH	510	850	1360	8	2.10	2.89	4.49	2.40	2.50	1.40	1.00	1.33	1.46	0.55	1650	
	71-08 L SH	610	1020	1630	9	2.10	3.29	4.89	2.40	2.50	1.40	1.00	1.53	1.66	0.75	1800	
	21-12 L SH	1220	1020	2240	12	2.10	4.57	6.17	2.40	2.50	1.40	1.00	2.81	1.66	1.1	2250	
	35-15 L SH	1100	1830	2930	18	3.50	2.55	4.15	3.80	4.00	2.25	1.62	1.14	1.32	1.1	3800	
	35-18 L SH	1370	2290	3660	20	3.50	2.95	4.55	3.80	4.00	2.25	1.62	1.34	1.52	1.1	4400	
	35-22 L SH	1650	2750	4400	23	3.50	3.35	4.95	3.80	4.00	2.25	1.62	1.54	1.72	1.5	4800	
	35-26 L SH	2200	2750	4950	26	3.50	3.83	5.43	3.80	4.00	2.25	1.62	2.01	1.72	2.2	5650	
	35-29 L SH	2740	2750	5490	29	3.50	4.23	5.83	3.80	4.00	2.25	1.62	2.41	1.72	2.2	6100	
	35-33 L SH	3300	2750	6050	32	3.50	4.63	6.23	3.80	4.00	2.25	1.62	2.81	1.72	2.2	6350	

TYPE L (TYPE 21-04L / 21-07L / 21-08L / 21-12L)



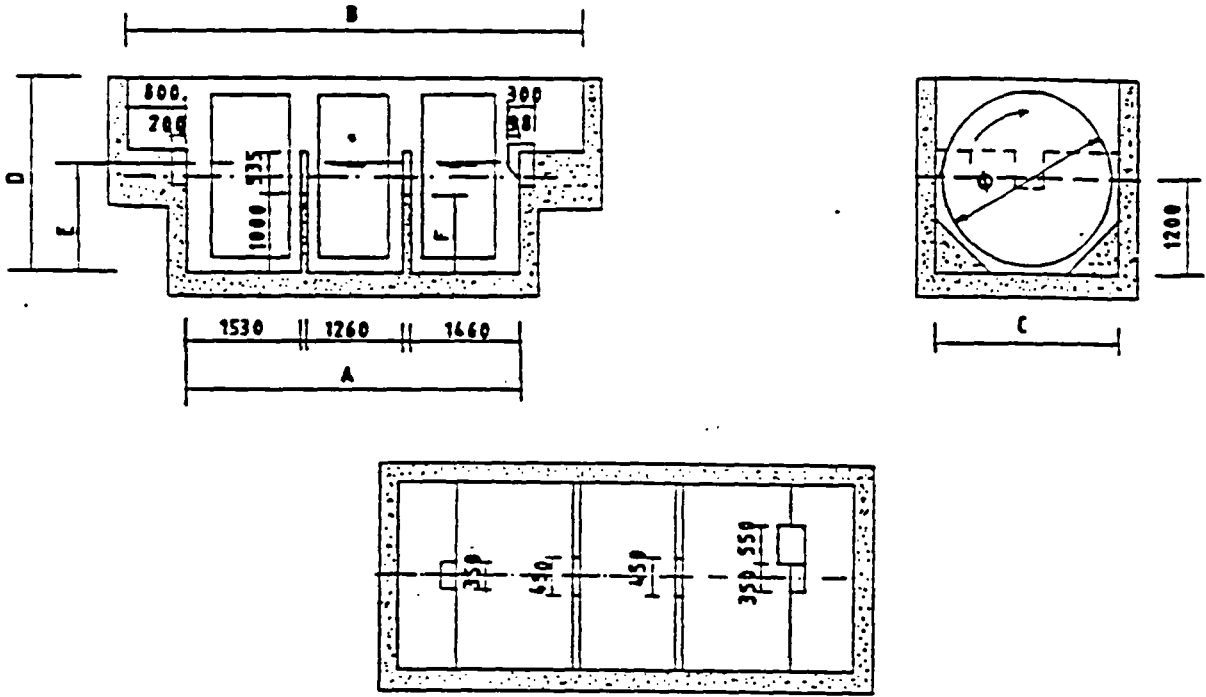
Configurations	TYPE	Superficie bactérielle			Mesures principales										Puissance KW	Poids
		S	H	TOT.	Φ	A	B	C	D	E	F	G	H			
	21-04 L SH	310	510	820	5	2.10	2.09	3.69	2.40	2.50	1.40	1.00	0.93	1.06	0.37	135
	21-07 L SH	510	850	1360	8	2.10	2.89	4.49	2.40	2.50	1.40	1.00	1.33	1.46	0.55	165
	21-08 L SH	610	1020	1630	9	2.10	3.29	4.89	2.40	2.50	1.40	1.00	1.53	1.66	0.75	180
	21-12 L SH	1220	1020	2240	12	2.10	4.57	6.17	2.40	2.50	1.40	1.00	2.81	1.66	1.1	225
	35-15 L SH	1100	1830	2930	18	3.50	2.55	4.15	3.80	4.00	2.25	1.62	1.14	1.32	1.1	380
	35-18 L SH	1370	2290	3660	20	3.50	2.95	4.55	3.80	4.00	2.25	1.62	1.34	1.52	1.1	440
	35-22 L SH	1650	2750	4400	23	3.50	3.35	4.95	3.80	4.00	2.25	1.62	1.54	1.72	1.5	480
	35-26 L SH	2200	2750	4950	26	3.50	3.83	5.43	3.80	4.00	2.25	1.62	2.01	1.72	2.2	565
	35-29 L SH	2740	2750	5490	29	3.50	4.23	5.83	3.80	4.00	2.25	1.62	2.41	1.72	2.2	610
	35-33 L SH	3300	2750	6050	32	3.50	4.63	6.23	3.80	4.00	2.25	1.62	2.81	1.72	2.2	635



TYPE N (TYPE 35-29N)



Configurations	Types	Superficie bactérielle				Volume	Mesures principales							Puissance Moteur Kw	Poids nets Kg
		S m ²	M m ²	H m ²	TOT. m ²		Φ m	A m	B m	C m	D m	E m	F m		
	21 - 11 M SHH	610	850	850	2310	12	2.10	4.45	6.05	2.40	2.50	1.40	1.00	1.1	2500
	35 - 29 M SHH	1650	2290	2290	6230	31	3.50	4.51	6.11	3.00	4.00	2.25	1.62	2.2	6200

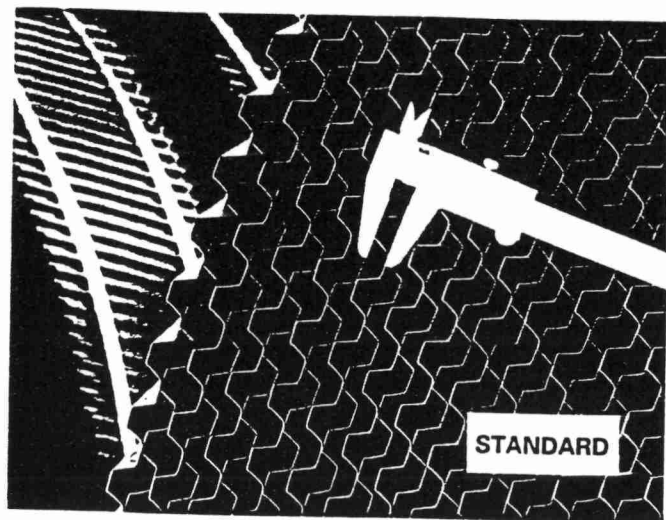
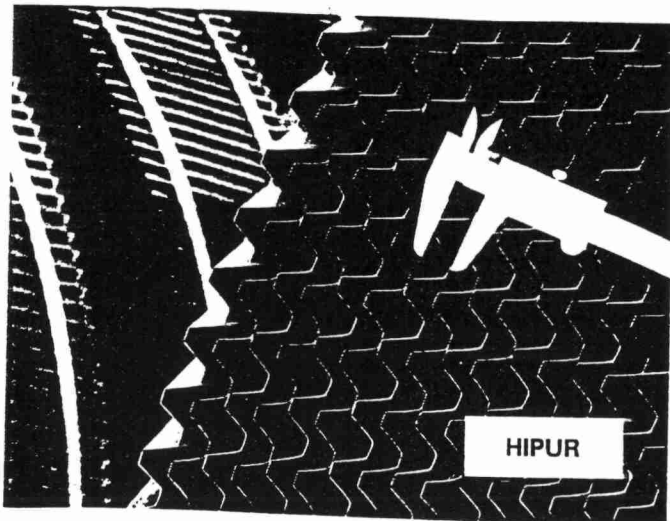
TYPE N (TYPE 21-11 N)



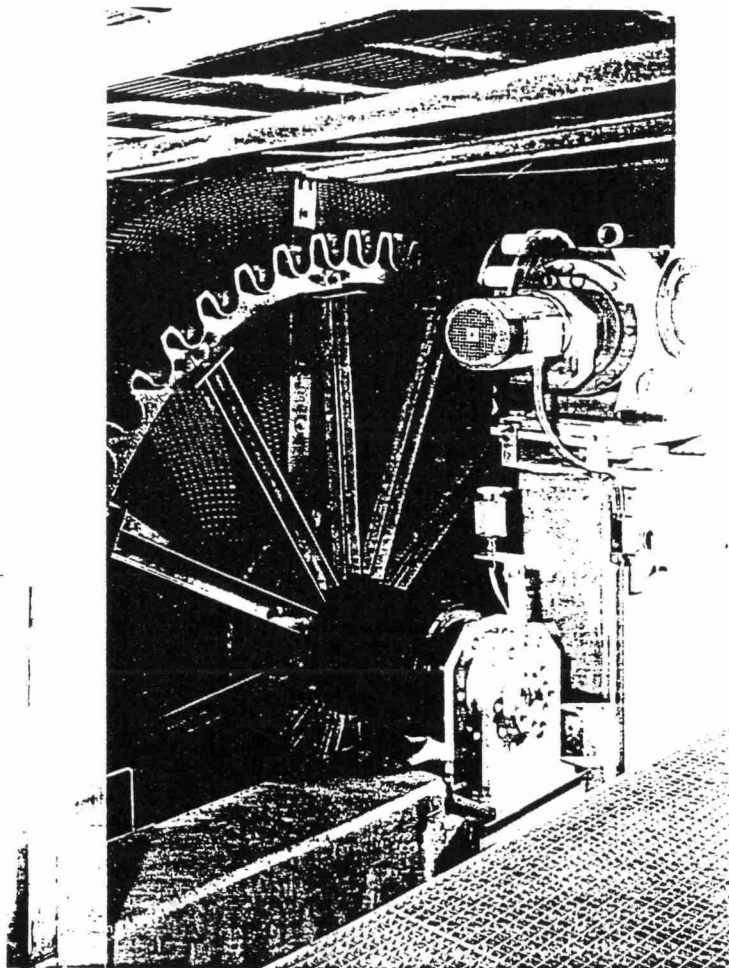
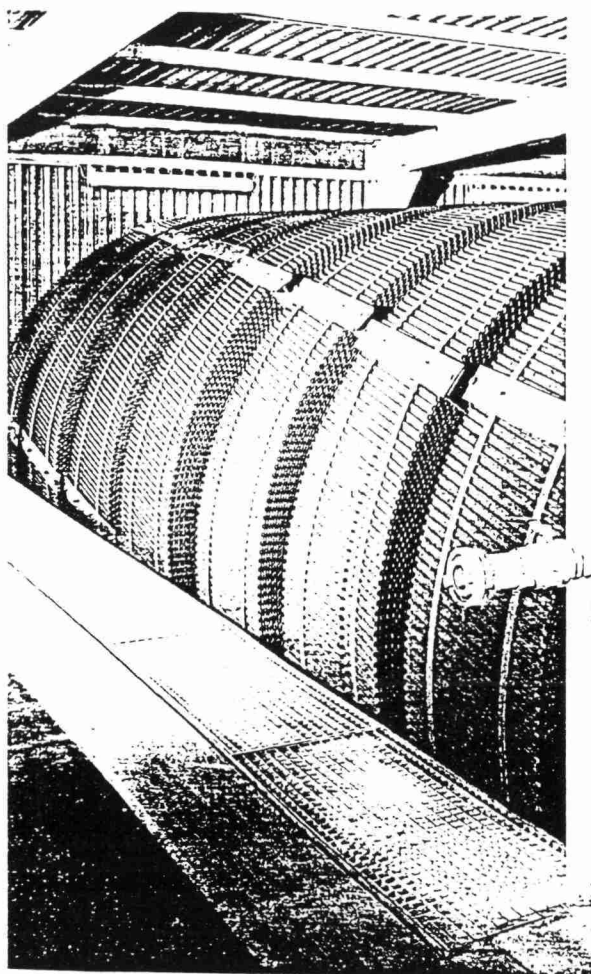
Configurations	Types	Superficie bactérielle				Volume	Mesures principales						Puissance KV	Poids Kg	
		S m ²	H m ²	N m ²	TOT. m ²		Ø	A	B	C	D	E			F
	21 - 11 N SHH	610	850	850	2310	12	2.10	4.45	6.05	2.40	2.50	1.46	1.00	1.1	2500
	35 - 29 N SHH	1650	2290	2290	6230	31	3.50	4.51	6.11	3.80	4.00	2.25	1.62	2.2	6200

DIFFERENTS TYPES		Types	Ø m	NUMERO	LARGEUR-		
					b ₁	b ₂	b
K		21 - 04 K	2.10	1	1.20	-	-
		21 - 08 K	2.10	2	1.20	1.20	-
		21 - 12 K	2.10	3	1.20	1.20	1.20
		35 - 15 K	3.50	2	0.80	0.80	-
		35 - 18 K	3.50	2	1.00	1.00	-
		35 - 22 K	3.50	2	1.20	1.20	-
		35 - 28 K	3.50	3	1.00	1.00	1.00
		35 - 33 K	3.50	3	1.20	1.20	1.20
L		21 - 04 L	2.10	2	0.60	0.60	-
		21 - 07 L	2.10	2	1.00	1.00	-
		21 - 08 L	2.10	2	1.20	1.20	-
		21 - 12 L	2.10	3	1.20	1.20	1.20
		35 - 15 L	3.50	2	0.80	0.80	-
		35 - 18 L	3.50	2	1.00	1.00	-
		35 - 22 L	3.50	2	1.20	1.20	-
		35 - 26 L	3.50	3	0.80	0.80	1.20
		35 - 29 L	3.50	3	1.00	1.00	1.20
		35 - 33 L	3.50	3	1.20	1.20	1.20
N		21 - 11 N	2.10	3	1.20	1.00	1.00
		35 - 29 N	3.50	3	1.20	1.00	1.00

Annexe 4 :
Documents de la société MECANA



MECANA
UMWELTECHNIK AG



Funktion des MECANA-Scheibenfilters

Bei der Konstruktion des Filters wurde Wert auf einen einfachen, zweckmassigen Aufbau gelegt. Der Filter arbeitet die meiste Zeit energieelos. Nur während der Rückspülung dreht er sich langsam.

Das mit Feststoffen beladene Abwasser stömt die Scheiben an deren Seiten von aussen an. Die Feststoffe werden vom Filtertuch zurückgehalten, das filtrierte Abwasser fliesst durch die Segmente zum Zentralrohr und von dort über eine Überfallkante zum Auslaufkanal.

Die abfiltrierten Feststoffe belegen das Filtertuch und vergrössern dadurch den Filterwiderstand. Über eine Niveaudifferenzsteuerung wird der Rückspülvorgang ausgelöst. Die Reinigung des Filtertuches erfolgt mit filtriertem Abwasser aus dem Scheibeninnern. Dabei legen sich auf beiden Seiten der Scheiben Absaugplatten an das Filtertuch und eine Pumpe entfernt die Feststoffe zusammen mit dem Rückspülwasserstrom. Während des Reinigungsvorganges werden die Scheiben um ihre Achse gedreht. Der Filterbetrieb wird während der Rückspülung nicht unterbrochen.

Fonctionnement du filtre à disques MECANA

Lors de la conception du filtre, on attachait une grande importance à une construction simple et fonctionnelle. Le filtre travaille la majeure partie du temps sans énergie. Il ne tourne lentement que lors de l'opération de lavage.

Les eaux usées chargées de matières solides affluent latéralement sur l'extérieur des disques. La toile filtrante retient les matières solides; les eaux filtrées coulent à travers les segments vers le tube central et, par dessus une lame déversante en direction du canal de rejet.

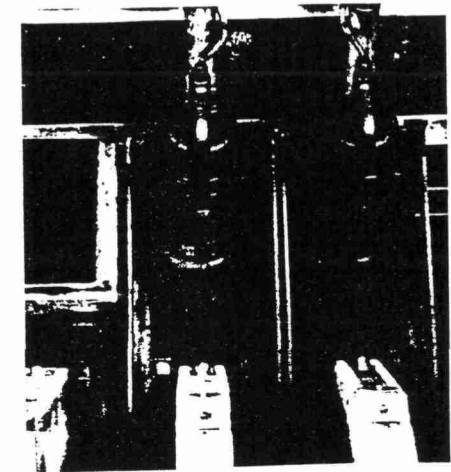
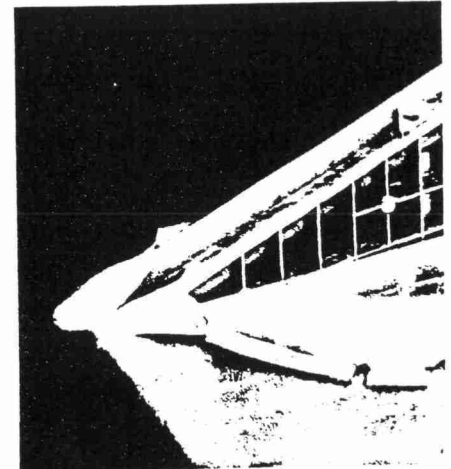
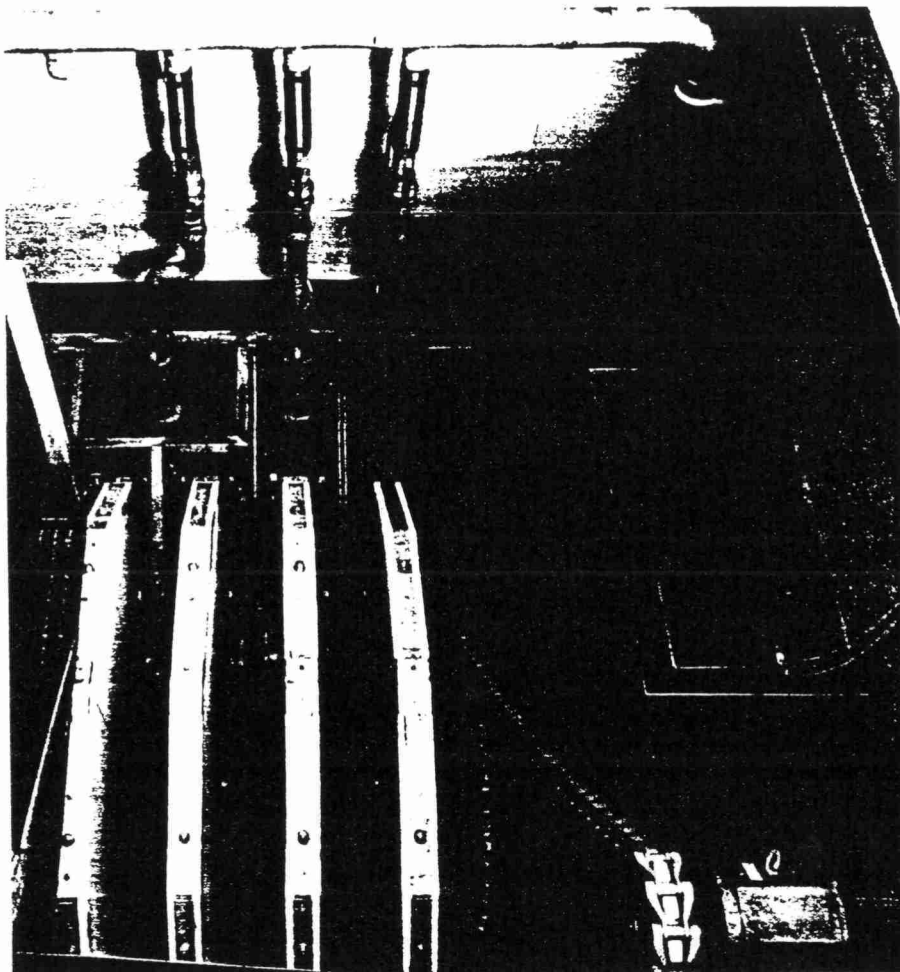
La résistance de filtration augmente avec le dépôt des matières solides sur la toile. Une commande à niveau différentielle déclenche le cycle de nettoyage qui s'effectue par rinçage à contre courant avec l'eau déjà filtrée se trouvant à l'intérieur des disques. Des balais d'aspiration se plaquent sur la toile des faces de disque et une pompe aspire les matières solides retenues avec l'eau de rinçage. Pendant l'opération de nettoyage, les disques tournent sur leur axe et ne provoquent aucune interruption de la filtration.

This is how disk filter functions:

MECANA has set great value on a simple and functional design of the disk filter. The filter operates most of the time without energy, it only rotates slowly during the backwash operation.

Waste water charged with solid matters flows into the disks at its sides. Solid particles are retained by the filter cloth, filtered waste water flows through the segments to the central tube and from there over a crest to the outlet channel.

Solid particles which are filtered out load the filter cloth and increase filtering resistance. Backwash is effected by a level difference control. Cleaning of the filter is effected by backflow filtered waste water from inside of the disks. Therewith on both fronts of the disks a suction plate moves against the filter cloth and a pump removes solid particles together with the backwash water. During cleaning process disks are rotated on its own axis. Filter operation does not interrupt during backwash.



Breites Einsatzspektrum

Der MECANA-Scheibenfilter ist eine völlige Neuentwicklung; sie baut auf mehr als 15 Jahren Praxiserfahrung mit dem MECANA-Trommelfilter auf. Das neue Filtrationskonzept ermöglicht den Einsatz der Tuchfiltration in einem stark vergrößerten Leistungsbereich.

MECANA-Scheibenfilter eignen sich für die Feststoffabtrennung

- nach NKB zur Verbesserung der Ablaufqualität, besonders auch im Störfall,
- bei der weitestgehenden Phosphatelimination,
- bei der Nitrifikation mit dem MECANA-Verfahren,
- nach Tauchtropfkörpern und Tropfkörpern anstelle konventioneller Nachklärbecken sowie
- in Kreislaufwässern und in Brauchwasser von Industriebetrieben.

Aufbau des Filters

Der MECANA-Scheibenfilter besteht aus mehreren, in einzelne Segmente unterteilten Scheiben. Diese sind auf einem gemeinsamen Zentralrohr angeordnet. Die Kunststoff-Segmente sind mit einem Filtertuch bespannt; es ist aus einem mehrschichtigen Nadelfilz mit hohen Festigkeitseigenschaften hergestellt. Die Dichte und Dicke des Filtertuches wird entsprechend den Filtrationseigenschaften der Feststoffe ausgewählt.

Large domaine d'application

Le filtre à disques MECANA est un nouveau développement basé sur plus de 15 années d'expérience pratique avec le filtre à tambour MECANA. Le nouveau concept de filtration permet l'application de la filtration sur toile sur une plage plus vaste.

Le filtre à disques MECANA se prête à la séparation de matières solides

- après décantation secondaire, pour améliorer les qualités de rejet, particulièrement lors de perturbations,
- pour l'élimination poussée des phosphates
- pour la nitrification selon les procédés MECANA,
- après rouleaux immergés ou lits bactériens en lieu et place de décanteurs conventionnels,
- dans les circuits hydrauliques et les eaux d'utilisation des industries.

Construction du filtre

Le filtre à disques MECANA se compose de plusieurs disques, divisés en segments. Ils sont disposés sur un tube central commun. Les segments plastiques reçoivent une toile de filtre tendue, confectionnée dans un feutre multicouche à haute résistance. La densité et l'épaisseur de la toile de filtre sont choisies en fonction des caractéristiques de filtration des matières solides.

Wide range of application

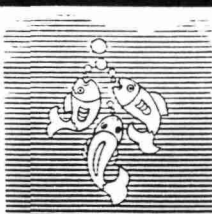
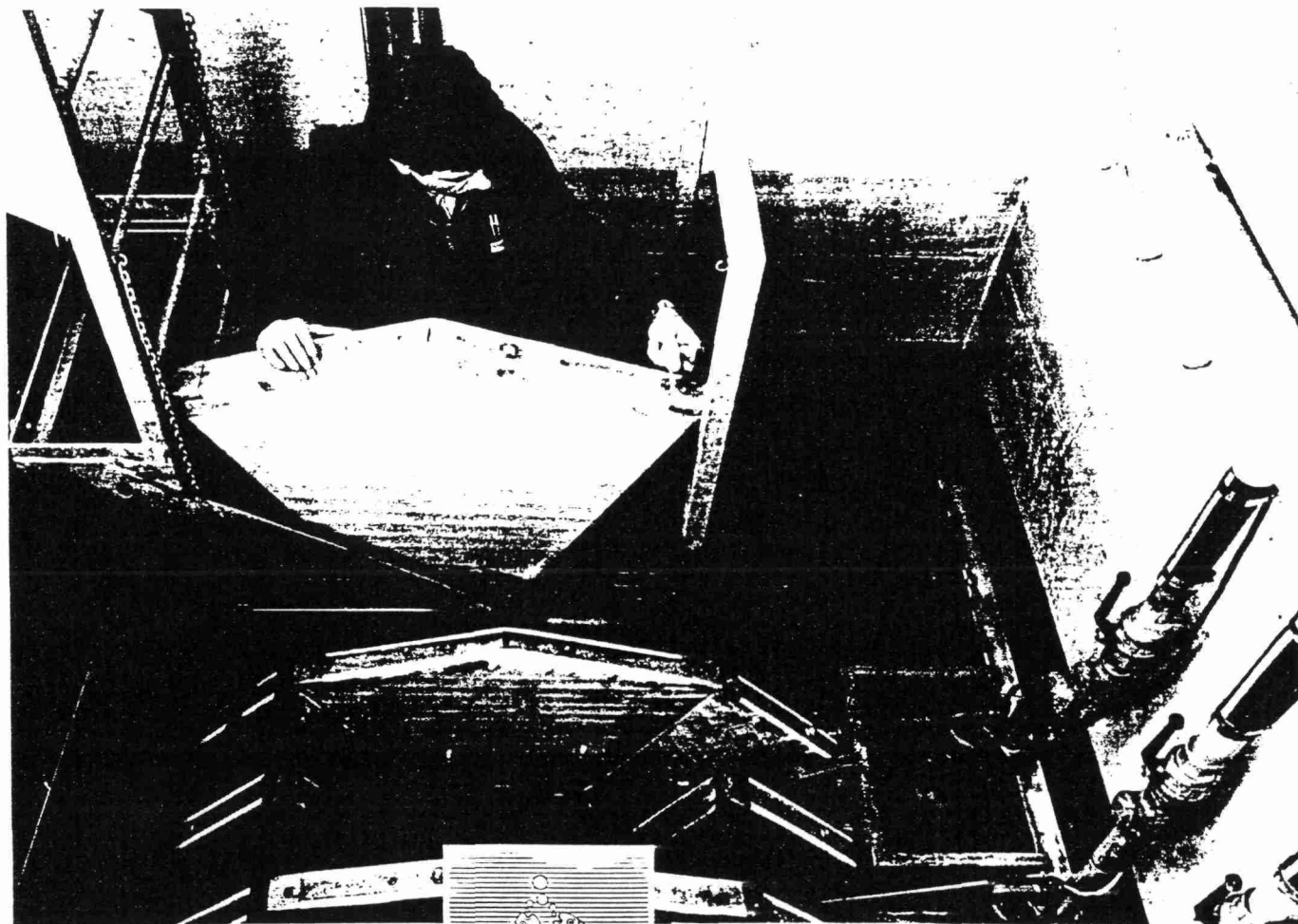
MECANA disk filter is a complete new development which is based on more than 15 years of practical experience with MECANA drum filters. The new filtration concept permits to apply cloth filtration in a considerably larger performance range.

MECANA disk filter are suitable for the solids separation

- after the final sedimentation tank for improvement of outlet quality, especially in case of failure,
- for greatest possible elimination of phosphates,
- for nitrification according to the MECANA process,
- after rotating biological contactors (RBC) and trickling filters instead of conventional final sedimentation tanks and
- in recycling water and water for industrial use.

Filter design

MECANA disk filter consists of several in segments subdivided disks which are arranged on a central tube. The plastic segments are covered with a filter cloth. The filter cloths are made from several layers of needlefelt with high strength properties. Density and thickness of filter cloth are selected to correspond to the filtration characteristics of the solid matters.



MECANA
UMWELTECHNIK AG

Das sind Ihre Vorteile:

Hohe Reinigungsleistung

Wirksamer Rückhalt von Feststoffen, besonders bei Schlammabtrieb aus dem NKB. Übliche Werte sind:

- Phosphatgehalt 0.1 mg P/l,
- Schwebstoffkonzentration 5 mg SS/l, bei gleichzeitiger Reduktion von BSB₅ und CBS.

Grosse Verfügbarkeit

- Wichtige Bauteile der Reinigungsrichtung sind mehrfach vorhanden.
- Filterbetrieb wird auch während dem Rückspülen nicht unterbrochen.
- Verfügbarkeit der Anlage höher als 99 Prozent.

Niedrige Investitions- und Unterhaltskosten

- Einfache und robuste Maschinenteknik.
- Geringer Platzbedarf.
- Kein Rückspülwasserspeicher notwendig.
- Im allgemeinen keine Hebung des Abwassers notwendig, da Gefälleverlust kleiner als 50 cm.
- Einfacher Filtertuchwechsel.

Et voici vos avantages:

Haut rendement d'épuration

Rétention efficace des matières solides, particulièrement lors de boues flottantes sur les décanteurs secondaires.

Les valeurs usuelles sont:

- teneur en phosphate 0.1 mg P/l,
- concentration matières en suspension 5 mg MS/l, avec réduction simultanée de DBO₅ et DCO.

Grande disponibilité

- Les pièces principales du système de nettoyage sont en grand nombre.
- La filtration n'est pas interrompue lors du cycle de rinçage.
- La disponibilité de l'installation est supérieure à 99 pour cent.

Frais d'investissement et de maintenance faibles

- Mécanique simple et robuste.
- Faible encombrement.
- Aucun besoin de réserve d'eaux de rinçage.
- Généralement, aucun besoin de pompage car la perte de charge est inférieure à 50 cm.
- Changement de toile simple.

These are your advantages:

High purifying performance

Effective retention of solid particles – especially at driving off sludge out of final sedimentation tank.

Common values are:

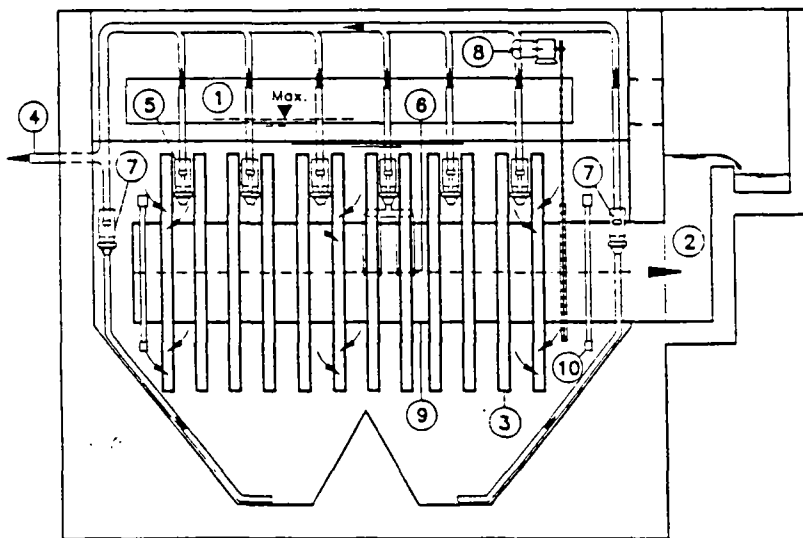
- Phosphate 0.1 mg P/l,
- Suspended solids 5 mg SS/l, with simultaneous reduction of BOD₅ and COD.

Great availability

- Important components of cleaning mechanism are existing multiple.
- Filter operation does not interrupt during backwash.
- Availability of the filter is higher than 99 percent.

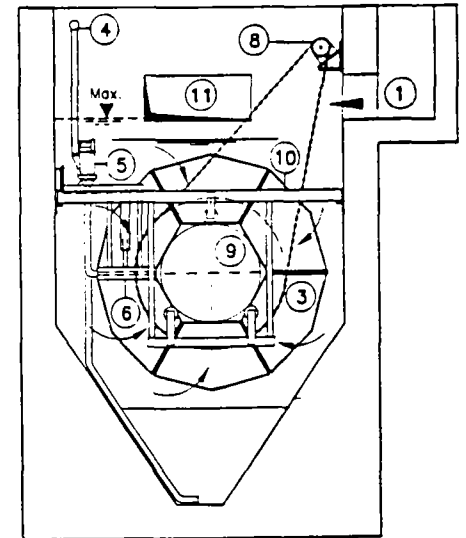
Low investment and maintenance costs

- Simple and robust construction technique.
- Less space requirement.
- No backwash water storage necessary.
- In general no lifting of waste water necessary as head loss is less than 50 cm.
- Simple change of filter cloth.



- 1 Zulauf
- 2 Ablauf
- 3 Filtersegment
- 4 Schlammrückführleitung
- 5 Filterabsaugpumpe
- 6 Absaugbalken
- 7 Bodenschlammpumpe
- 8 Filterantrieb
- 9 Zentralrohr
- 10 Lagerung
- 11 Notüberlauf

- 1 Affluent
- 2 Rejet
- 3 Segment de filtre
- 4 Conduite de retour des boues
- 5 Pompe de nettoyage de filtre
- 6 Balai d'aspiration
- 7 Pompe de boues de fond
- 8 Entraînement de filtre
- 9 Tube central
- 10 Paliers
- 11 Déversoir de trop-plein

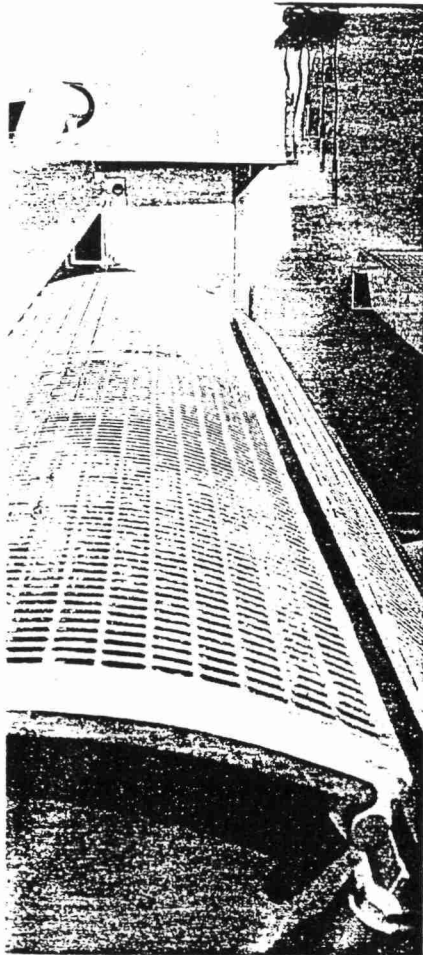


- 1 Inflow
- 2 Discharge
- 3 Filter segment
- 4 Sludge return pipe
- 5 Filter suction pump
- 6 Suction beam
- 7 Bottom sludge pump
- 8 Filter drive
- 9 Central tube
- 10 Bearing
- 11 Emergency overflow

So funktioniert der Trommelfilter

Das mit Feststoffen beladene Abwasser strömt den Filter radial von aussen an. Die Feststoffe werden vom Filtertuch zurückgehalten, das filtrierte Abwasser wird über das Trommelinnere abgeleitet. Die abfiltrierten Feststoffe belegen das Filtertuch und vergrössern den Filterwiderstand.

Über eine Steuerung wird die Filterreinigung eingeschaltet. Die Reinigung des mit Feststoffen belegten Filtertuchs erfolgt durch Rückspülung mit filtriertem Abwasser. Dabei legt sich eine Absaugdüse an das Filtertuch und die Pumpe entfernt die Feststoffe zusammen mit dem Rückspülwasserstrom. Während des Reinigungsvorganges wird die Filtertrommel um ihre Achse gedreht, so dass das gesamte Filtertuch einer Rückspülung unterzogen wird. Der Filterbetrieb wird während der Rückspülung nicht unterbrochen.



Fonctionnement du filtre à tambour

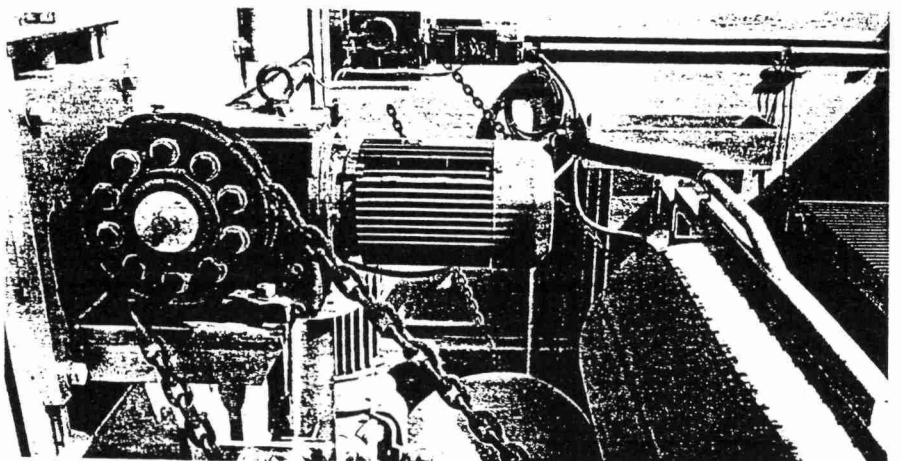
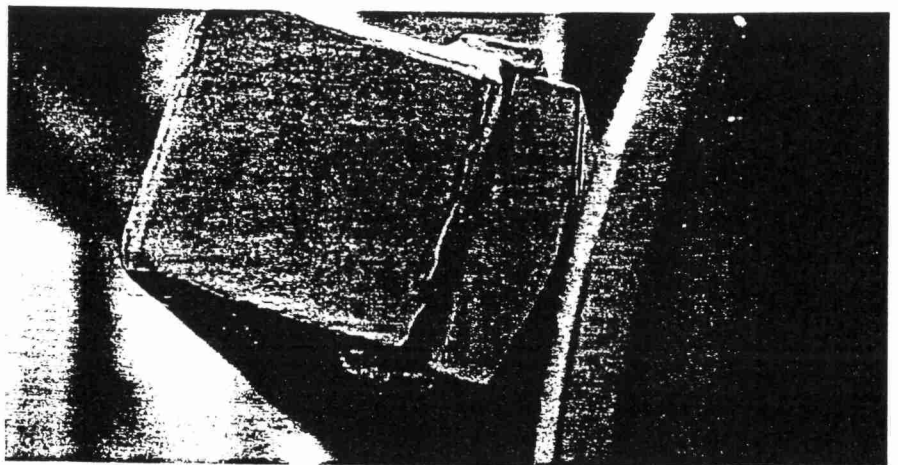
Les eaux usées chargées de matières solides affluent radialement par l'extérieur sur le filtre. La toile filtrante retient les matières solides, l'eau filtrée s'évacue par l'intérieur du tambour. La résistance de filtration augmente avec le dépôt des matières solides sur la toile.

Une commande enclenche le nettoyage du filtre, qui consiste en un rinçage à contre courant de la toile avec de l'eau déjà filtrée. Un balai d'aspiration se plaque sur la toile et une pompe aspire les matières solides retenues, avec l'eau de rinçage. Une rotation du filtre à tambour sur son axe accompagne l'opération de nettoyage, de sorte que la surface entière du filtre subisse le rinçage. Ne provoquent aucune interruption de la filtration.

This is how the drum filter functions:

The waste water charged with solid particles flows into the filter radially from outside. The solid particles are retained by the filter cloth, the filtered waste water is led over the inside of the drum. The solid particles which are filtered out load the filter cloth and increase the filtering resistance.

The filter cleaning is switched on by level control. The cleaning of the filter cloth loaded with solid particles is effected by backflow filtered waste water. Therewith a suction nozzle moves against the filter cloth and a pump removes solid particles together with the backflow water. During the cleaning process the filter drum is rotated on its own axis so that the entire filter cloth is subjected to a backflow. The filtration does not interrupt during the backwash.



Kostengünstig und mehr als eine Alternative

MECANA-Trommelfilter eignen sich:

- für die Feststoffabtrennung nach Tauchtropfkörpern und Tropfkörpern anstelle konventioneller Nachklärbecken
- als Filtrationseinheit für die Phosphatelimination
- für die Filtration nach überlasteten Nachklärbecken bzw. bei ungenügenden Schlammabsetzeigenschaften
- für die Feststoffabtrennung bei speziellen Industrieabwässern

Aufbau des Filters

Der Filter besteht aus einer oder mehreren Trommeln, deren gelochter Mantel mit einem Filtertuch bespannt ist. Die Filtertücher werden aus mehrschichtigem Nadelfilz mit hohen Festigkeitseigenschaften hergestellt. Die Dichte und Dicke der Filtertücher wird entsprechend den Filtriereigenschaften der Feststoffe ausgewählt.

Faible coût et mieux qu'une alternative

Le filtre à tambour MECANA s'applique:

- pour la séparation des matières solides après un disque immergé ou un lit bactérien et substituer un décanteur conventionnel
- comme unité de filtration pour la déphosphatation
- pour la filtration de décanteur secondaire surchargé, resp. lors d'une décantation insuffisante des boues.
- pour la séparation de matières solides d'eaux industrielles spéciales

Construction du filtre

Le filtre se compose d'un ou plusieurs tambours en tôle perforée sur lesquels une toile filtrante est tendue. Ces toiles sont confectionnées dans un feutre multicouche à haute résistance. La densité et l'épaisseur de la toile du filtre sont choisies en fonction des caractéristiques de filtration des matières solides.

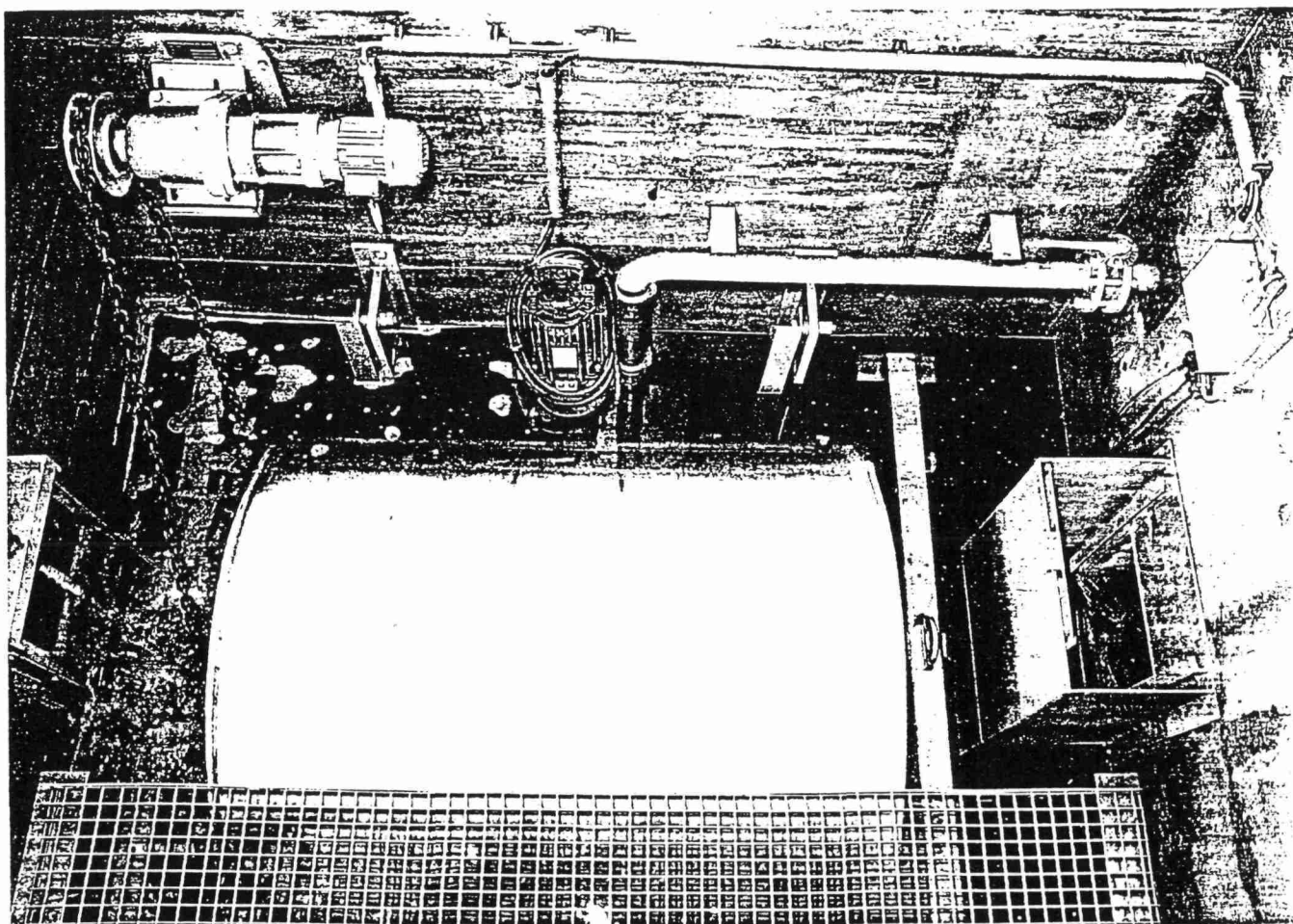
More favourable in cost and more than an alternative

MECANA drum filters are suitable:

- for the separation of solid particles after rotating biological contactors (RBC) and trickling filters instead of conventional secondary sedimentation tanks
- as a filtration unit for the elimination of phosphates
- for the filtration after overloaded secondary sedimentation tanks, respectively with insufficient sludge sedimentation
- for the separation of solids with special industrial sewage

Filter design

The filter consist of one or more drums with a perforated sleeve covered with a filter cloth. The filter cloths are manufactured from several layers of needlefelt with high strength properties. The density and thickness of the filter cloths are selected to correspond to the filtration properties of the solid particles.



Das sind unsere Argumente

Hohe Reinigungsleistung

Wirksame Rückhaltung von Feststoffern und gleichzeitig erhebliche Reduktion von BSB₅ und CSB. Der Phosphatgehalt im Ablauf kann bis auf ≤ 0.2 mg P/l gesenkt werden.

Hohe Betriebssicherheit

Dank ständiger Weiterentwicklung in den letzten 15 Jahren besteht der Trommelfilter durch einen hohen Verfügbarkeitsgrad. Das Filtertuch muss lediglich alle 12 Monate gewechselt werden.

Niedrige Investitionskosten

Die Kosten der maschinentechnischen Ausrüstung sind mit denjenigen eines Nachklärbeckens vergleichbar. Der Platzbedarf ist jedoch wesentlich geringer.

Niedrige Wartungskosten

Sichtkontrollen und gelegentliches Abspritzen der Filtertücher genügt. Der Energieverbrauch ist gering.

Et voici nos arguments

Haut rendement d'épuration

Rétention efficace des matières solides et réduction simultanée de DBO₅ et DCO correspondante. La teneur en phosphore de l'effluent peut être réduite jusqu'à 0.2 mg P/l.

Haute sécurité d'utilisation

Grâce aux constantes améliorations des 15 dernières années, le filtre à tambour séduit par son importante disponibilité. La toile de filtre se change uniquement après 12 mois.

Frais d'investissement bas

Le coût de l'équipement machinel est comparable à celui d'un décanteur secondaire. L'encombrement est toutefois nettement inférieur.

Faibles frais d'entretien

Un contrôle visuel et un rincage occasionnel au jet de la toile de filtre suffit. La consommation d'énergie est faible.

These are our arguments:

High purifying performance

Effective retention of solid particles with simultaneous considerable reduction BOD₅ and CSB. The phosphate in the effluent can be lowered by up to 0.2 mg P/l.

High operating reliability

Due to continued further development over the last 15 years the MECANA drum filter has achieved a high degree of availability. The filter cloth only requires changing once in 12 months.

Low investment costs

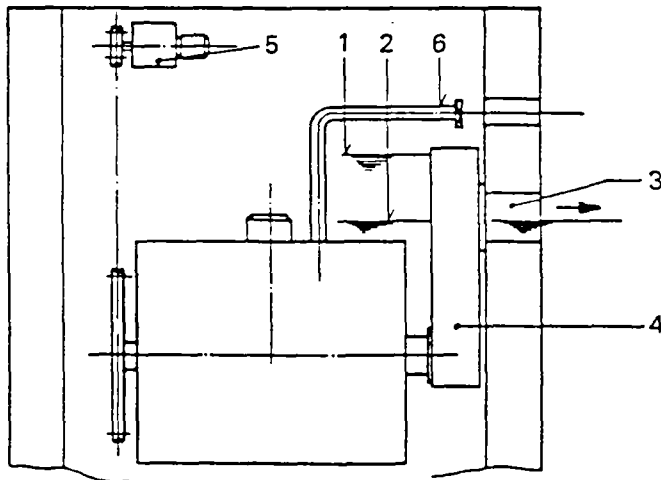
The cost of the mechanical equipment comparable with that of a secondary clarifying tank. The space requirement however, considerably less.

Low maintenance costs

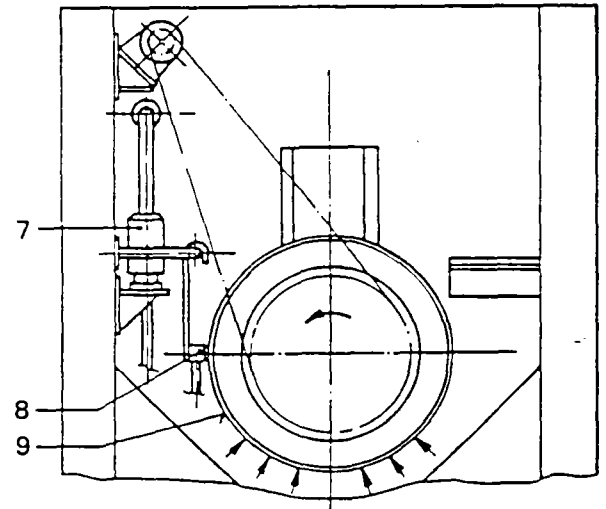
Visual checks and occasional spraying the filter cloth are sufficient. The power demand is low.



Allmeindstrasse 11, Postfach 85
CH-8716 Schmerikon / Switzerland
Telefon 055 / 84 63 63
Telefax 055 / 84 63 64
Telex 758 908 muag ch



- 1 Niveau «hoch»
- 2 Ruhewasserspiegel
- 3 Ablauf
- 4 Steigrohr
- 5 Antriebsmotor
- 6 Schlammrückführrohr
- 7 Filterreinigungspumpe
- 8 Absaugstutzen
- 9 Filtertrommel



- 1 Niveau d'eau haut
- 2 Niveau d'eau au repos
- 3 Rejet
- 4 Colonne de sortie
- 5 Moteur d'entraînement
- 6 Conduite de retour des boues
- 7 Pompe de nettoyage du filtre
- 8 Balai d'aspiration
- 9 Tambour de filtre

- 1 „High” level
- 2 Still water level
- 3 Discharge
- 4 Rising pipe
- 5 Drive motor
- 6 Sludge recirculation
- 7 Filter cleaning pump
- 8 Suction nozzle
- 9 Filter drum

Annexe 5 :
Documents de la société IDEE
– Procédé Bioline

TRAITEMENT DES EFFLUENTS DE PETITES COLLECTIVITES PAR LE PROCEDE BIOLINE

D. Tissot

Société IDEEnvironnement
Avenue Georges Latécoère - B.P. 4204
31031 TOULOUSE Cedex

ABSTRACT

BIOLINE process is an aerobic biological treatment modular process created by B. CAPDEVILLE (INSA of Toulouse, France).

It applies to wastewater treatment for little communities in the range of 200 - 1000 EH.

This process is based on the use of plastic fibers set out in a a rotative drum which is immersed into sewage effluent to treat.

Feasibility studies allow us to define the basis of a viable industrial production, and real field tests prove the high capacity of the system.

I. TYPES D'EFFLUENTS SUCEPTIBLES D'ETRE TRAITES

Le procédé BIOLINE est un procédé de traitement biologique qui peut a priori s'appliquer à tous les types d'effluents contenant des polluants biodégradables.

Cependant, de par sa mise en œuvre modulaire et compacte, il s'adresse préférentiellement aux cas d'épuration des eaux résiduaires de petites collectivités de 200 à 1000 EH.

Certaines applications pour des effluents d'origine industrielle ont cependant été envisagées.

II. INTERETS DE LA TECHNIQUE PAR RAPPORT A L'ETAT DE L'ART

L'intérêt que présente le procédé BIOLINE par rapport aux techniques existantes est qu'il est capable d'allier :

- la compacité et les forts rendements des procédés à biomasse fixée type lit immergé
- et la simplicité d'utilisation d'un lit bactérien à percolation.

III. BASES DE LA CONCEPTION ORIGINALE

La paternité de la conception du procédé BIOLINE revient à M. B. CAPDEVILLE de l'INSA de Toulouse, qui a conçu ce support rotatif original à la suite d'investigations sur des matériaux support pour la croissance biologique prenant en compte les critères suivants :

- matériau de faible coût,
- mise en œuvre permettant d'obtenir une surface développée maximale mais en évitant les phénomènes de colmatage,
- circulation gravitaire des effluents,
- pas de recirculation de boues.

IV PRESENTATION DU PROCEDE

IV.1. Principe de base

Il est important de rappeler la spécificité de la technologie mise en œuvre par le procédé BIOLINE : en effet, l'originalité de l'invention réside essentiellement dans l'utilisation d'un réseau de fibres plastiques tendues parallèlement les unes aux autres, disposées régulièrement selon un maillage carré.

Ce réseau est maintenu en rotation lente dans une cuve à niveau constant où circule l'eau à épurer ; le support offert par l'ensemble des fibres est alors colonisé par les micro organismes qui assurent l'épuration de l'effluent.

La principale difficulté technique réside donc dans le choix d'un système de maintien des fibres qui puisse être robuste, imputrescible, de faible coût et qui permette un montage simple et rapide de 24 km de fibres dans un cylindre de 1 m de diamètre pour 2 m de long.

La technologie retenue repose sur une pièce essentielle : un cadre en matière plastique autour duquel les fibres sont enroulées, l'empilage de plusieurs cadres reconstituant le réseau à maille carrée. Le schéma ci-dessous illustre le principe du maintien des fibres :

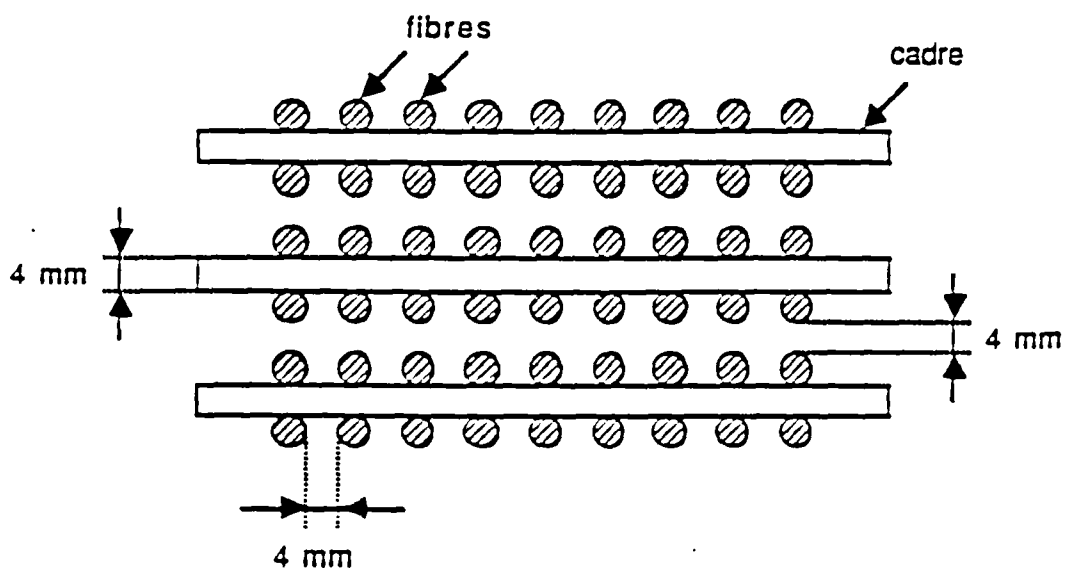


Fig. 1 : principe de maintien des fibres

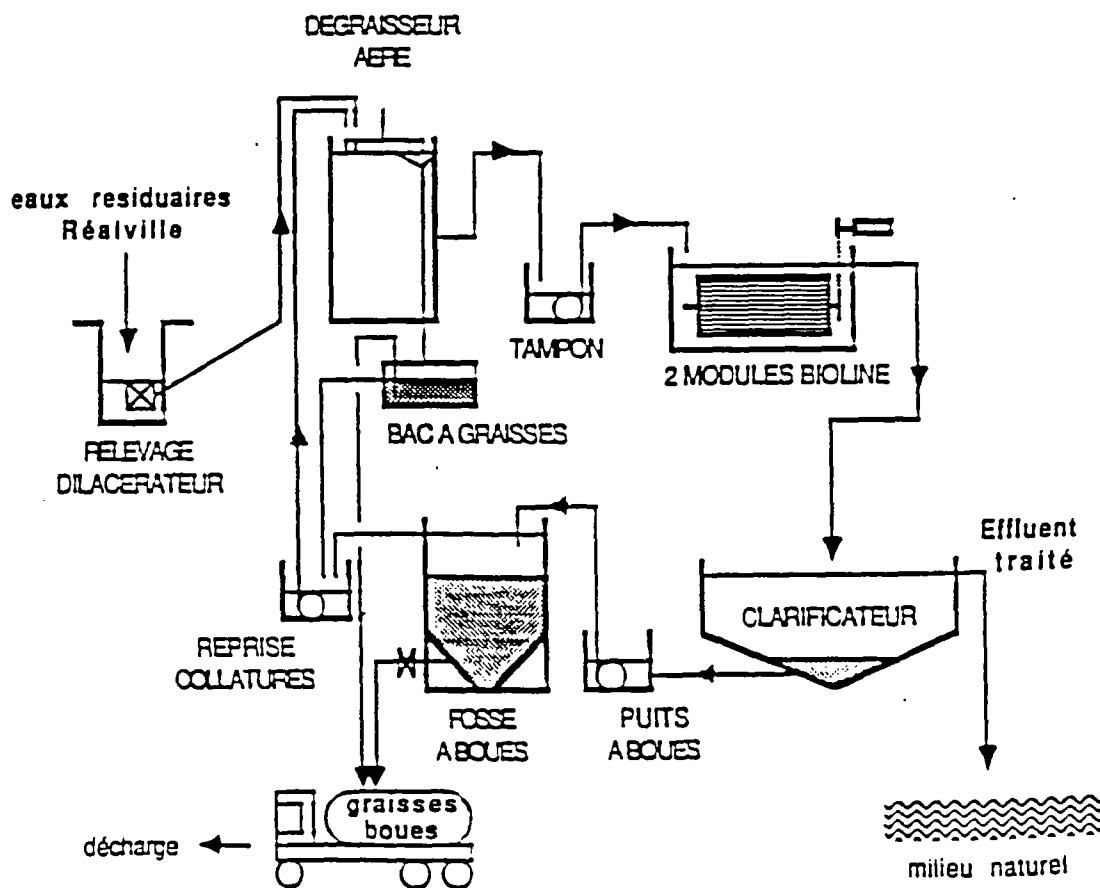


Fig. 2 : Filière de traitement Réalville (82)

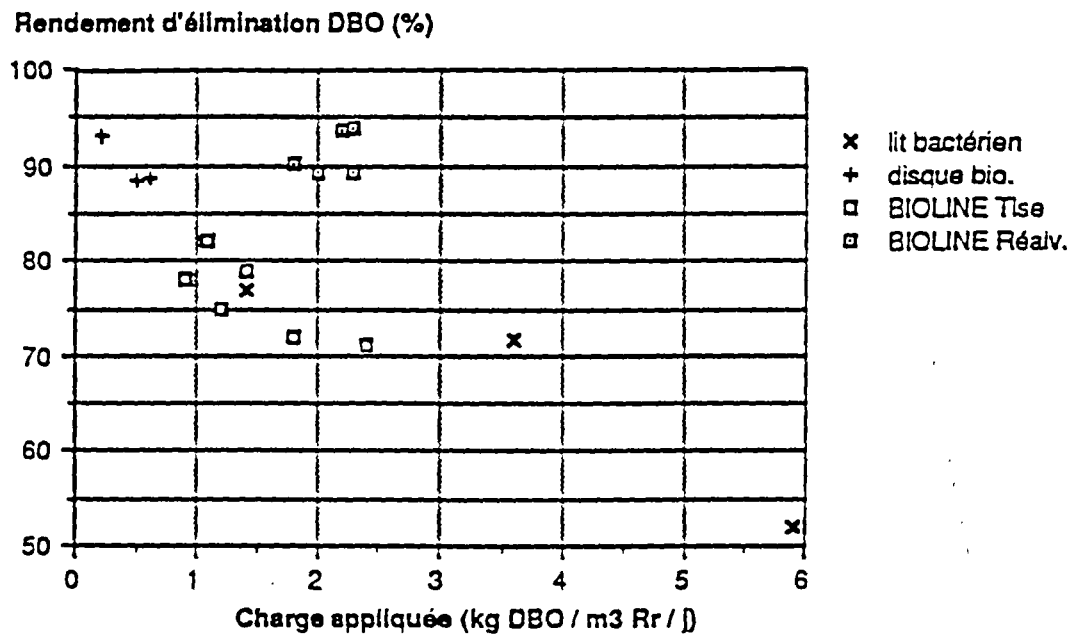
IV.2. Mise en œuvre réelle

Un exemple d'application en grandeur réelle du procédé BIOLINE est illustré par le schéma donné ci-dessus, qui présente l'implantation du procédé BIOLINE sur une station d'épuration traitant les eaux résiduaires de la commune de Réalville (82).

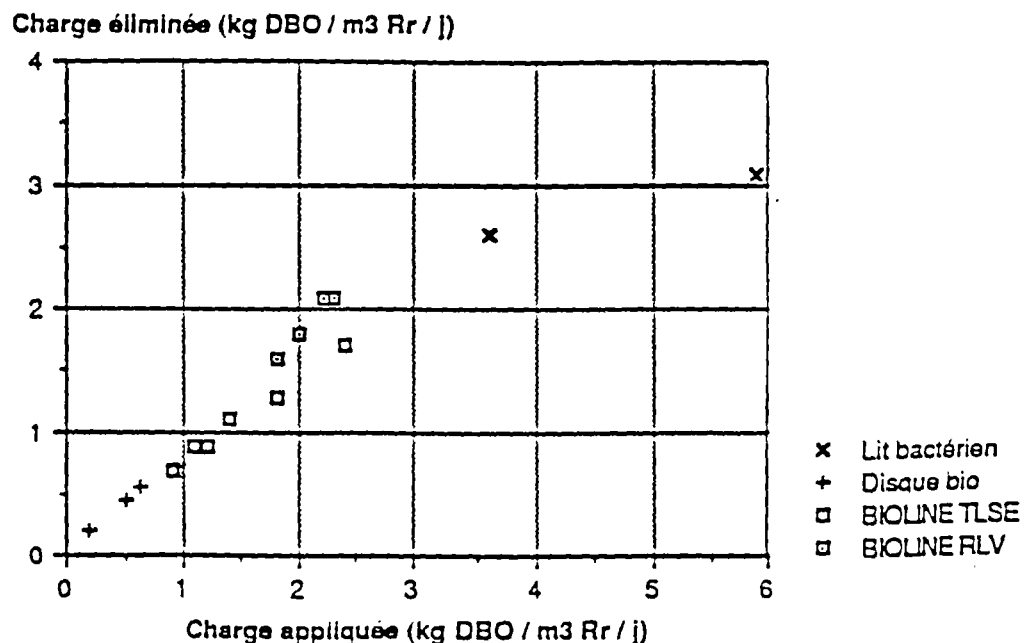
V. PERFORMANCES ET COUTS

V.1. Performances épuratoires

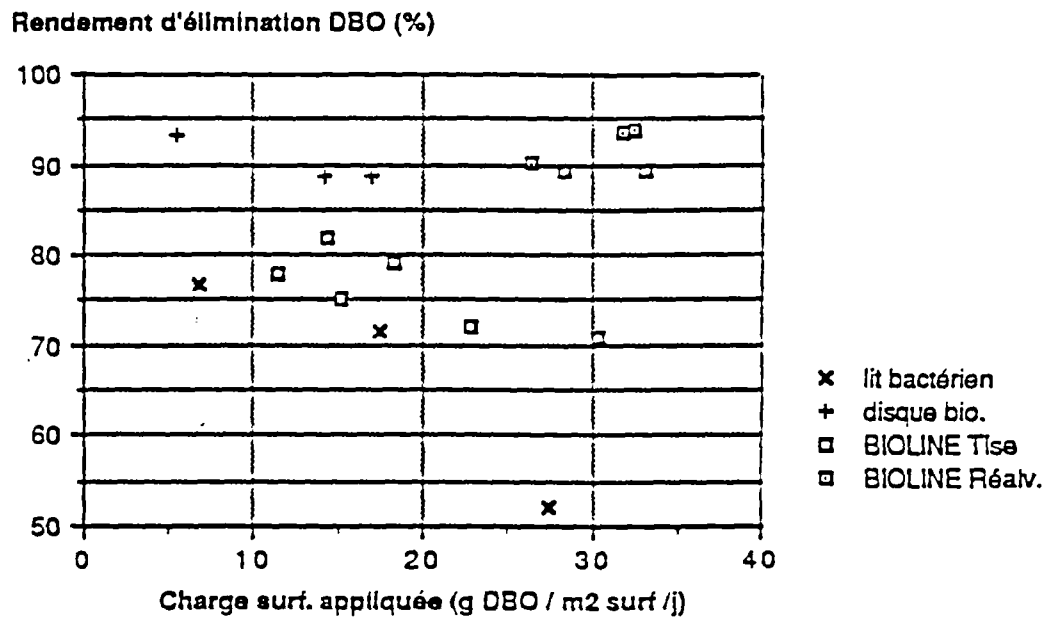
V.1.1. Rendement en fonction de la charge appliquée par u. de volume



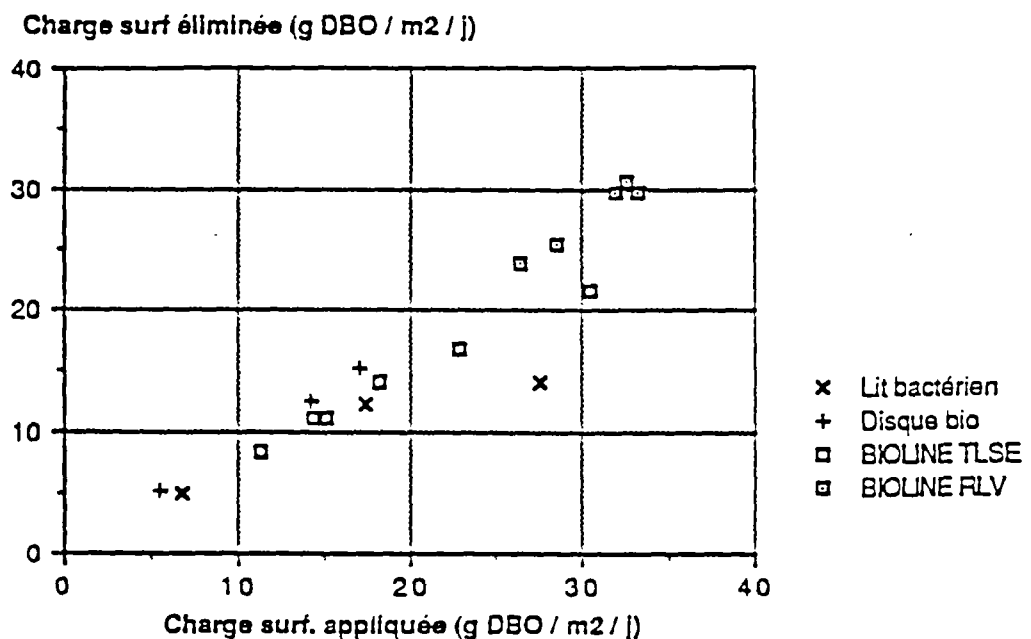
V.1.2. Charge éliminée par u. de vol. en fonction de la charge appliquée par u. de vol.



V.1.3. Rendement en fonction de la charge appliquée par u. de surface



V.1.4. Charge éliminée par u. de surf. en fonction de la charge appliquée par u. de surf.



V.2. Coûts

V.2.1. Coûts de fabrication

Le coût de fabrication d'un module de 300 EH "prêt à tourner" dans une cuve béton standard s'élève aux environs de 80 KFHT :

- . matières premières : lattes composites, corde, pièces inox : 42%
- . main d'œuvre fabrication des cadres : 17%
- . main d'œuvre fabrication du châssis rotatif : 22%
- . main d'œuvre montage cadres sur châssis : 19%

V.2.2. Coûts de fonctionnement

Les coûts de fonctionnement sont principalement dus à la dépense énergétique liée à l'insufflation d'air et au frais d'enlèvement des boues.

- . Sachant que les besoins mesurés sont de l'ordre de $100 \text{ m}^3_{20^\circ\text{C}} / \text{h}$ pour un module de 200 EH, on devra prévoir une soufflante équipée d'un moteur de 1 kW, soit une consommation de l'ordre de 20 kWh / jour en tenant compte d'une marche séquencée la nuit.
- . Sachant que la production de boue sur le procédé est de l'ordre de 200 à 300 grammes de matière sèche par kg de DBO éliminé et tenant compte de la production de boues primaires et des matières dilacérées (mesures sur la station de Réalville),

les quantités à enlever annuellement sont de l'ordre de 20 m^3 de boues à 4% MS pour 100EH.

Le coût annuel de fonctionnement est donc de l'ordre de 7 000 F / module de 200 EH.

VI ETAT D'AVANCEMENT DU DEVELOPPEMENT

En ce mois de Mai 1992, le développement du procédé BIOLINE approche de son terme :

- . les essais sur pilote laboratoire ont eu lieu de 1986 à 1987,
- . la conception du module de taille industrielle et l'organisation du programme de développement se sont déroulées en 1988 et en 1989,
- . le premier module de taille industrielle a été construit et testé en 1990,
- . les essais en conditions réelles ont démarré au début de 1991 et se termineront en décembre 1992.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson G.K., Pescod M.B.(1992). Degradation of organic wastes. Tiré de *The Treatment and Handling of Wastes*, publié par Chapman&Hall, Londres, pour la Royal Society, 167-189.
- Baillard G.(1983). Le lagunage activé par biodisques. *Eau, Industrie, Nuisances*, n° 78, 94-98.
- Ball R.O.(1982). The effects of Hydraulic variation on fixed film reactor performance. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1566-1598.
- Bandy J.T., Scholze R.J.(1983). Effects of periodically reversing the direction of flow through an RBC. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.55 (12), 1457-1460.
- Bergs M.A.(1982). The operator's viewpoint of wastewater treatment using rotating biological contactors. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1695-1709.
- Boller M., Gujer W.and Nyhuis G. (1990). Tertiary rotating biological contactors for nitrification. *Water Science and Technology*, Vol.22, N°1/2, 89-100
- Borghini M.D., Palazzi E., Parisi F., Ferraiolo G.(1985) Influence of process variables on the modelling and design of a Rotating Biological Surface. *Water Research*, Vol.19 (5), 573-580.
- Bouwer E.J.(1987). Theoretical investigation of particle deposition in biofilm systems. *Water research*, Vol.21 (12), 1489-1498.
- Bovendeur J., Spui J.F., Hermans P.G.B., Klapwi J.K.A.(1990). Mechanisms and kinetics of COD removal and simultaneous oxygen consumption in a rotating biological contactor biofilm. *Water Science and Technology*, Vol.22 (1/2), 75-87.
- Bruce A.M., Harrington D.W.(1982). Sewage treatment by rotating biological contactors United Kingdom experiences. *Wastewater treatment for small communities CEBEBEAU 35th International conference*, 99-116

- Capdeville B., Seropian J.C., Roques H.(1981). Cinétique d'épuisement de substrat dans les films biologiques fixés.
Partie I : Application à la modélisation des réacteurs à disques biologiques. *Trib. Cebedeau*, n° 449 (34), 177-187.
Partie II : Application au calcul des stations d'épuration par disques biologiques. *Trib. Cebedeau*, n° 450 (34), 233-244.
- CEMAGREF/ENITRTS (1992). *Hydrodynamique des lits bactériens à garnissage plastique : étude d'installations en vraie grandeur traitant des effluents domestiques*, mémoire de troisième année de Frédéric SEGURET, 100 p. + annexes.
- Chittenden J.A., Wells W.J.(1971). Rotating biological contactor following anaerobic lagoons. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.43, 746-754.
- Choi E., Burkhead C.E.(1982). The hydrodynamic evaluation of a fixed media biological process. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1542-1565.
- Clark J.H., Moseng E.M., Asano T.(1978). Performance of a rotating biological contactor under varying wastewater flow. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.50 (5), 896-911.
- Cabtree H.E., Rowell M.R.(1993). Standardisation of small wastewater plants for rapid design and implementation. IAWQ, *Small Wastewater Treatment Plants*, Trondheim, Tapir Publishers.
- Consultants BPR (1992). Disques Biologiques. *Etude de techniques de remplacement applicables à l'assainissement des eaux usées de petites agglomérations.*, 119p.+ annexes
- C.T.G.R.E.F.(actuel CEMAGREF) Division Qualité des Eaux Pêche et Pisciculture (1974). *Rapport de mission en Allemagne du 1^{er} au 5 juillet 1974*, de Ballay D., 38p.
- D.D.A. Le Puy (43), Commune de Saint-Julien-Chapteuil (1984). *Cahier technique de la station d'épuration "Lagunage Activé par Biodisques"*.
- Del Borghi M., Palazzi E., Parisi F.(1985). Influence of process variables on the modelling and design of a rotating biological surface. *Water Research*, Vol.19 (5), 573-580.
- Deshpande V.P., Kaul S.N., Deshpande C.V.(1991). An evaluation of a simple kinetic model for the treatment of domestic sewage by means of an anaerobic rotating biological contactor. *Bioresource Technology*, Vol.38 (1), 31-38.
- Ecole Nationale de la Santé Publique Laboratoire de génie sanitaire (Boutin P.) (1976). Les disques biologiques dans *Systèmes de traitement biologiques par bactéries fixées*.

- Filion M.P., Murphy K.L., Stephenson J.P.(1977). Performance of a rotating biological contactor under transient loading conditions. *50th Annual Conference of the Water Pollution Control Federation, Philadelphia, Pennsylvania.*
- Franceaux (1992). *Documentation sur les procédés de nitrification et les produits MECANA.* Franceaux Sartrouville, 25p.
- Friedman A.A., Robbins L.E., Woods R.C.(1979). Effect of disk rotational speed on rotating biological contactor efficiency. *Journal WPCF, Vol.51 (11), 2678-2690.*
- Gilbert W.G., Wheeler J.F., MacGregor A.(1986). Energy usage of rotating biological contactor facilities. *Journal W.P.C.F., Vol.58 (1), 47-51.*
- Groupe Teknika (1988). Les disques biologiques pour le traitement des eaux usées des petites et moyennes municipalités, rapport abrégé. *Projet de développement technologique n°DT87.001,72 p. + annexes*
- Groupe Teknika (1988). Les disques biologiques pour le traitement des eaux usées des petites et moyennes municipalités, rapport final. *Projet de développement technologique n°DT87.001, 327 p. + annexes*
- Gujer W., Boller M.(1990). A mathematical model for rotating biological contactors. *Water Science and Technology, Vol.22 (1/2), 53-73.*
- Gutierrez A., Bogert I.L., Scheible O.K., Mulligan T.J.(1980). Upgrading primary tanks with rotating biological contactors. *U.S. National Technical Information Service, Springfield, Va., report PB80 198583, U.S. Environmental Protection Agency, report EPA-600/2-80-003, 216p.*
- Hartung J.W.(1982). RBC supplemental air : continuous or intermittent. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1688-1694.*
- Hegemann W.(1984). A combination of the activated sludge process with fixed film biomass to increase the capacity of wastewater treatment plants. *Water Science and Technology, Vol.16 (10/12), 119-130.*
- Hittlebaugh J.A., Miller R.D.(1981). Operational problems with rotating biological contactors. *Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.53 (8), 1283-1293.*
- Huang C.S.(1982). The air-force experience in fixed-film biological processes. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1777-1805.*
- Hynek R.J., Chou C.C.(1979). Development and performance of air driven rotating biological contactors. *Proc. of the 34th Purdue ind. waste conf., West Lafayette, Ind., 805.*

- Kinner N.E., Curds C.R., Meeker L.D.(1988). Protozoa and metazoa as indicators of effluent quality in rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.20 (11/12), 199-204.
- Kinner N.E., Bishop P.L.(1982). Treatment of saline domestic wastewater using RBCs. *Journal of Environmental Engineering Division*, Vol.108 (4).
- Klees R., Silverstein J.(1992). Improved biological nitrification using recirculation in rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.26 (3/4), 545-553.
- Laquidara M.J., Blanc F.C., O'Shaughnessy J.C.(1986). Development of biofilm, operation characteristics and operational control in the anaerobic rotating biological contactor process. *Journal WPCF*, Vol. 58 (2), 107-114.
- Loll U.(1979).Stählermatic-eine neue Verfahrenstechnik zur biologischen Abwasserreinigung. *Kommunalwirtschaft*, n°9, 302-306.
- Lumbers J.P.(1982). Rotating biological contactors : current problems and potential developments in design and control. *The Public Health Engineer*, Tome 11 (3), 41-45.
- Lumbers P.L., Tipadis G.G.(1993). Rotating biological contactors : application of a dynamic performance model for design and evaluation. IAWQ, *Small Wastewater Treatment Plants*, Trondheim, Tapir Publishers.
- LUTAG, Leitner (1993). Descriptif du matériel produit. *Leitner neige, Savoie*.
- Marsh D., Benefield L., Bennett E., Linstedt D., Hartman R.(1981). Coupled trickling filter-rotating biological contactor nitrification process. *Journal WPCF*, Vol.53 (10), 1469-1480.
- Masuda S., Watanabe Y., Ishiguro M.(1991). Biofilm properties and denitrification in aerobic rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.23 (7/9), 1355-1363.
- Mc Dowell D.L., Beekman S.M., Goldman M.L.(1979). The Lake Mead Story. *WPCF DEEDS DATA*, Vol.16 (8), 9-19.
- Ministère de l'Agriculture (1987). *Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités*. Documentation Technique F.N.D.A.E.n°5, 2ème édition, 51 p + annexes.
- Murphy K.L., Sutton P.M., Wison R.W.(1977). Nitrogen control : design considerations for supported growth systems. *JWPCF*, avril 1977, 549-557.
- National Water Council (1981). The operation and maintenance of small sewage works. *National Water Council Technical Paper n°4*. National Water Council London.

- Newbry B.W., Macaulay M.N., Musterman J.L., Davison W.E.(1982). Troubleshooting an existing RBC facility. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1710-1730.
- Nishidome K., Kusuda T.(1988). Measurements of dissolved oxygen in attached microbial films of rotating biological contactors by oxygen microelectrode. Article présenté aux *Proceedings 2nd IAWPRC Asian conference on water pollution control*, Bangkok, 305-311.
- Norouzian M.Y., Gonzalez-Martinez S.(1985). A performance evaluation of a full scale rotating biological contactor system. *Environmental Technology Letters*, Vol.6, 79-86.
- Noyola A., Capdeville B., Roques H.(1988). Anaerobic treatment of domestic sewage with a rotating-stationary fixed-film reactor. *Water Research*, Vol.22 (12), 1585-1592.
- Nyhuis G.(1990). Enlargement of sewage treatment plants for nitrification by use of subsequent rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.22 (3/4), 161-168.
- Ouyang C.F., Ying C.S.(1990). A study on rotating biological contactors for pretreatment of contaminated raw water of public water supplies. *Water Supply*, Vol.8 (3/4), 521-532.
- Owen W.F.(1982). Application of standard rate and high rate anaerobic treatment processes. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1352-1391.
- Paolini A.E., Variali G.(1982). Kinetic considerations on the performance of activated sludge reactors and rotating biological contactors. *Water Research*, Vol.16 (2), 155-160.
- Pescod M.B., Norton T.S.(1983). Treatment of strong organic wastewater using aerobic and anaerobic packed-cage RBCs. *Proc. EWPCA-IAWPRC seminar on rotating biological discs*, Stuttgart, 299-318.
- Philipot J.-M.(1981). Elimination des diverses formes de l'azote d'un effluent urbain ou industriel avant son réjet dans le milieu naturel. *Génie Rural*, n°12, 13-19.
- Pike E.B.(1978). The design of percolating filters and rotary biological contactors, including details of international practice. *Water Research Centre Technical Report TR93*.
- Pike E.B., Carlton-Smith C.H., Evans R.H., Harrington D.W.(1982). Performance of rotating biological contactors under field conditions. *Water Pollution Control*, Vol.81 (1), 10-27.
Field performance of RBCs. *Effluent and Water Treatment Journal*, Tome 22 (9), 342-354.

- Poon C.P.C., Chao Ya-Len, Mikucki W.J.
 (1979). Factors controlling rotating biological contactor performance. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.51 (3), 601-611.
 (1978). Rotating biological contactors treat island's saline sewage. *Water Sewage Works*, Vol.125 (2), 62-66.
- Poon C.P.C., Chin H.K., Smith E.D., Mikucki W.J.(1981). Upgrading with rotating biological contactors for BOD removal. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol. 53 (4), 474-481.
- Rusten B., Odegaard H.(1986). Kinetics of denitrification in rotating biological contactors using municipal sewage as carbon source. *Norwegian Water Technology Centre AIS, Oslo Vatten*, Vol.42 (3), 194-200.
- Reh C.W., Wilson T.E., Srinivasaraghavan R.(1977). An approach to design of RBCs for treatment of municipal wastewater. Présenté au *ASCE National Environmental Engineering Conference*, Nashville, Tennessee, 18p.
- Sardin M.(1992). Introduction à la dynamique des systèmes et à la modélisation, chapitre-6. *Cours de DEA "Mécanique et Ingénierie", ENSIC Nancy*.
- Sack W.A., Cutright J.A, Neely R.G., Soccorsi P.M., Carroll T.A.(1986). Operation of air drive rotating biological contactors. *Journal WPCF*, Vol.58 (11), 1050-1056.
- Sardin (1992). Système à paramètres distribués et systèmes à paramètres localisés équivalents. Application aux écoulements en milieu poreux. Dans *Introduction à la dynamique des systèmes et à la modélisation*, cours de DEA "Mécanique et Ingénierie", 78p.
- Scholes J.D., Bornes D. (1987). Performance of a small-scale rotating biological contactor treating domestic wastewater. Article présenté à la *12th Federal Convention Australian Water and Wastewater Association* Adelaïde, 511-518.
- Schmidt J.P.(1970). L'épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles à l'aide des bio-disques. *Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux*, n° 323, 453-456.
- SEAS (constructeur : COSME)(1993). Disques Biologiques. *Réponse à un appel d'offre de la DDA de Lons le Saunier* (25).
- Song K.H., Young J.C.(1986). Media design factors for fixed-bed filters. *Journal WPCF*, Vol.58 (2), 115-121.
- Stover E.L., Kincannon D.F.(1982). R.B.C. scale-up and design. *Proceedings of the 1st International Conference on Fixed-Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Vol.3, 1667-1687.
- Stover E.L., Weston R.F., Kincannon D.F.(1976). Evaluating rotating biological contactor performance. *Water Sewage Works*, Vol.123 (3), 88-91.

- Tait S.J., Friedman A.A.(1980). Anaerobic rotating biological contactor for carbonaceous wastewaters. *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.52, 2257-2269.
- Tan B.H., Giffard M., Martin G. (1976). Epuration biologique des eaux usées urbaines au moyen de disques biologiques tournants. *T.S.M. L'eau*, 71^{ème} année (6), 281-284.
- Tanaka K., Oshima A.; Rittman B.E.(1986). Performance evaluation of rotating biological contactor process.
Proceedings of the 13th IAWPRC biennial conference, Rio de Janeiro, 483-494.
Water Science and Technology, Vol.19 (3/4), 483-494.
- Tanaka K., Tada M., Ito M., Shimizu N.(1991). Performance analysis of the rotating biological contactor process based on particle fraction and improvement of final effluent quality. *Water Science and Technology*, Vol.23 (7/9), 1457-1466.
- Trinh, Ottawa (1981). Traitement des eaux usées d'un camp de 50 personnes à Poste-De-La-Baleine. *Env. Canada., rapport EPS 4-WP-81-1F*, 53p.
- Uiso C., Burkhead C.E. (1982). The hydrodynamic evaluation of a fixed media biological process.
- Vaidya R.N., Pangarkar V.G.(1987). Convective diffusion model for mass transfer in a rotating biological contactor : disk submergence less than 50 per cent. *Water Research*, Vol.21 (12), 1499-1503.
- Wang K., Wang Mu-Hao, Poon C.P.C.(1984). Rotating biological contactors. *Effluent and Water Treatment Journal*, Tome 24 (3), 93-97.
- Wanner J., Sykora M., Kos M., Miklenda J., Grau P.(1990). Packed-cage RBC with combined and fixed-film biomass. *Water Science and Technology*, Vol.22 (1/2), 101-111.
- Ware A.J., Pescod M.B., Storch B.(1990). Evaluation of alternatives to conventional disc support media for rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.22 (1/2), 113-117.
- Watanabe Y., Lee C., Koike M., Ishiguro M.(1990). Nitrification kinetics and simultaneous removal of biomass and phosphorus in rotating biological contactors. *Water Science and Technology*, Vol.22 (3/4), 169-178.
- Weng C.N., Molof A.H.(1974). Nitrification in the biological fixed-film rotating disk system. *JWPCF*, Vol.46 (7), 1674-1685.
- Wilson F.(1993). Kinetics and reaction order in rotating biological contactors using TOC. *Water Research*, Vol.27 (5), 1423-1429.



Wilson R.W., Murphy K.L., Stephenson J.P. (1980). Scale-up in rotating biological contactor design. *Journal WPCF*, Vol. 52 (3), 610-624.

Yang Z.Y.(1988). Treatment process of flowing wastewater film on the aerated sector of rotating biological contactor. Article présenté aux *proceedings 2nd IAWPRC Asian conference on water pollution control*, Bangkok, 297-304

TEXTES COMMANDES

NON PARVENUS DANS LES TEMPS.

- Alleman J.E., Veil J.A., Canaday J.T.(1982). Scanning electron microscope evaluation of rotating biological contactor biofilm. *Water Research*, Vol.16 (5), 543-550.
- Andreadakis A.D.(1987). Design of multistage rotating biological contactors. *Journal of Environmental Engineering*, Vol.113 (1), 199-205.
- Antonie R.L.(1976). Fixed biological surfaces-wastewater treatment. The rotation biological contactor. *CRC Press Inc.*, Cleveland, Ohio, 210p.
- British Standards Institution (1982). British Standard Code of Practice for small sewage works and cesspools. *British Standards Institution*.
- Bruce A.M., Merkens J.C.(1975). Developments in sewage treatment for small communities. *Proc. 8th Publ. Hlth Engng Conf. Loughborough Univ.*, 65-69.
- Chung J.C., Strom P.F.(1991). Microbiological study of ten New Jersey rotating biological contactor wastewater treatment plants. *Research Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.63 (1), 35-43.
- Grady C.P.L., Lim H.C.(1980). A conceptual model of RBC performance. *Proceedings of the 1st National Symposium/Workshop on Rotating Biological Contactor Technology*.
- Harrington D.W.(1981). United Kingdom manufacturers of sewage treatment plant serving populations up to 5000. Supplément à l'article C, IWPPC north-eastern branch symposium, *design and operation of small sewage works*, Doncaster 4 novembre. IWPC, Maidstone.
- Haug C.S., Hopson N.E.(1974). Temperature and pH effect on the biological nitrification process. Article présenté au *New York WPCA*, New York, N.Y.
- Hockenbury R.D., et al.(1977). Factors affecting nitrification. *Journal of Environmental Engineering Division, ASCE*, Vol.103, EE1:9.
- Hull M., Klimiuk E., Janczukowicz W.(1989). Comparative studies of activated sludge and rotating biological disc process (II-Microfauna). *Proc. 45th industrial waste conference*, 339-346.

- Kinner N.E., Balkwill D.L., Bishop P.L.(1983). Light and electron microscopic studies of microorganisms growing in rotating biological contactor biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol.45 (5), 1659-1669.
- Kinner N.E., Curds C.R.(1987). Development of protozoan and metazoan communities in rotating biological contactor biofilms. *Water Research*, Vol.21 (4), 481-490.
- Kinner N.E., Maratea D., Bishop P.L.(1985). An electron microscopic evaluation of bacteria inhabiting rotating biological contactor biofilms during various loading conditions. *Environmental Technology Letters*, Vol.6 (10), 455-466.
- Klimiuk E., Hull M., Janczukowicz W.(1989). Comparative studies of activated sludge and rotating biological disc process (I). *Proc. 45th industrial waste conference*, 331-337.
- Laquidara M.J., Blanc F.C., O'Shaughnessy J.(1985). Development of biofilm in the anaerobic rotating biological contactor process. *Proceedings 40th Industrial Waste Conference*, Purdue University, 949-958.
- Lo K.V., Liao P.H.(1985). Anaerobic rotating biological contactor reactor process. *Proceedings of 4th International Symposium in Anaerobic Digestion*, Guangzhou, Chine, 369-374.
- Miller R.D., et al.(1979). Rotating biological contactor process for secondary wastewater treatment and nitrification following a trickling filter. *Tech. report 7905*, US Army Med. Bioeng. R&D Lab.
- Murphy K.L., Wilson R.W.(1980). Pilot-plant studies of rotating biological contactors treating municipal wastewater. *Canadian Environmental Protection Service, Ottawa, Ont., report SCAT-2*, 117p.
- Ouyang C.F.(1980). The characteristics of rotating biological contactor sludge. *Proc. of the first national symposium/workshop on rotating biological contactor technology*, Champion, Pa., 189.
- Ouyen C.F.(1984). Effect of influent conditions on nutrient removal on RBC system. Article présenté à la *2nd int. conf. fixed-film biological processes*, Arlington, July 10-12.
- Pike E.B., Mosey F.E., Harrington D.W.(Novembre 1981). The use of package plants for treatment of sewage from small communities. Paper presented to *IWPC Symposium on Design and Operation of Small Sewage Works*, Doncaster.
- Raman V., Khan A.N., Patkie S.A., Swarnkar N.G.(1982). Rotating biological contactor, anaerobic filter and grass plots for sewage treatment. Indian Association for Water Pollution Control, Technical Annual, Vol.9, 73-79.

- Rivera F., Castro F., Moreno G., Lugo A., Gallegos E., Norouzian M.(1988). Protozoa of a rotating biological contactor treatment plant in Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol.42 (3/4), 281-301.
- Rogalla F., Jarosz J.(1987). Upgrading high load activated sludge plants with biomass support systems. Article présenté à la *60th annl. WPCF conf.*, Philadelphia, 4-7 octobre.
- Rogalla F., Payaraudeau M.(1987). Tertiary nitrification with fixed biomass reactors. Article présenté à la *LAWPRC specialized conference on nitrogen pollution of Water*, Bruxel, 24-28 novembre.
- Rogalla F., Sibony J., Boisseau G., Bonhomme M.(1988). Fixed biomass to upgrade activated sludge. Article présenté à la *61st annl. WPCF conf.*, Dallas, 2-6 octobre.
- Schleypen P.(1986). Studies of sewage lagoons coupled with trickling filters and rotating biological contactors. Article présenté aux *Proceedings of 16th sewage technology seminar*, Technische Universitate, Munchen, *report of water supply and public health Engineering*, n° 69, 271-299.
- Scottish Development Department (1981). Treatability studies of two Scottish sewages. *Applied reseach and development report n° ARD7*, Engineering Division, Scottish Development Department, Edinburgh. 39p.
- Shapiro M., Switzenbaum M.S.(1984). Initial anaerobic biofilm development. *Proc. 2nd international conference on fixed-film biological processes*; Arlington, Virginia, 176-190.
- Song K.H.(1985). Media design factors for anaerobic filters. *Doctoral Diss.*, Civil Eng. Dept., Univ. of Ark., Fayetteville, Ark.
- Tissot D. Traitement des effluents de petites collectivités par le procédé bioline. *Extrait documentation commerciale*.
- U.S. E.P.A.(1984). *Design Information on rotating biological contactors*. US E.P.A. - 600/2-84-106, Cincinnati.
- U.S. National Technical Information Service (1985). *Review of current rotating biological contactor performance and design procedures*. Report PB86-180545, 188p.
- Van den Berg L., Lentz S.P.(1980). Effect of film area-to-volume ratio, film support, height and direction of flow on performance of methanogenic fixed-film reactors. Dans *Anaerobic filters : an energy plus for wastewater treatment*, rpt. n° ANL/CNSU-TM-50, Argonne natl. lab., Argonne, Ill.
- Wolf P.(1991). Dimensional design .*Gesundheitsingenieurwesen* N° 104, 173-196.

Wu Y.C., et al. (1980). Prediction of RBC plant performance for municipal wastewater treatment. *Proc. of the first national symposium/workshop on rotating biological contactors technology*. Champion, Pa. 887.

Young J.C., Dahab M.F.(1983). Effect of media design on the performance on fixed-bed anaerobic reactors. *Water Science and Technology*, Vol.15, 369.