

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 31 décembre 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 27 du 4 juillet 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : VSESOJUZNY ZACHNY INZHENERNO-  
STROITELNY INSTITUT. — SU.

⑦2 Inventeur(s) : Boris Nikolaevich Repin.

⑦3 Titulaire(s) :

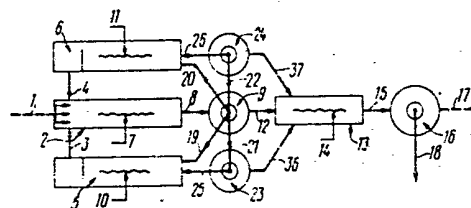
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Z. Weinstein.

⑤4 Procédé d'épuration biologique d'eaux résiduaires et bassin à boues activées pour sa mise en œuvre.

⑤7 L'invention concerne les techniques d'épuration biolo-  
gique.

Le procédé faisant l'objet de l'invention est caractérisé en ce que les boues à recycler admises à la régénération sont divisées en deux parties 19, 20 et 21, 22, la partie 19, 20 allant directement à la régénération, tandis que la partie 21, 22 est épaissie, puis mélangée avec la première partie 19, 20 des boues à recycler pour leur régénération simultanée, en faisant en sorte qu'audit premier étage 2 de l'épuration le rapport entre les polluants organiques des eaux résiduaires 1 arrivant à l'épuration et les boues activées 3, 4 reste constant.

L'invention s'applique notamment à l'épuration biologique totale d'eaux résiduaires industrielles concentrées contenant des polluants organiques difficilement oxydables.



La présente invention concerne l'épuration des  
eaux résiduaires chargées de polluants organiques, et a  
notamment pour objet un procédé d'épuration d'eaux  
résiduaires par boues activées, ainsi qu'un bassin à  
5 boues activées pour sa mise en oeuvre.

L'invention peut être appliquée avec une efficacité  
maximale à l'épuration biologique totale d'eaux rési-  
duaires industrielles concentrées contenant des polluants  
organiques difficilement oxydables, quand l'arrivée des  
10 eaux résiduaires à l'épuration est irrégulière, tant en  
quantité qu'en composition.

L'invention peut aussi être appliquée à l'épuration  
biologique totale des eaux résiduaires urbaines dans le  
cas de réseaux d'égout commun, quand toutes les eaux  
résiduaires - domestiques, industrielles et pluviales -  
15 - sont évacuées par un réseau commun de conduites et de  
canaux au-delà des limites du territoire de la ville.

L'invention peut également être appliquée à l'épura-  
tion biologique totale des eaux résiduaires urbaines dans  
le cas de réseaux d'égout séparés, quand les eaux plu-  
viales et les eaux industrielles conventionnellement  
propres sont évacuées par un réseau de conduites et de  
canaux, et les eaux résiduaires domestiques et industri-  
elles polluées sont évacuées par un ou plusieurs autres  
25 réseaux, ainsi que dans le cas de réseaux d'égout combi-  
nés.

Les procédés d'épuration biologique des eaux rési-  
duaires par boues activées sont fondés sur l'aptitude  
des microorganismes aérobies à utiliser en tant que  
30 substances nutritives diverses matières, et, en premier  
lieu, les matières organiques se trouvant dans les eaux  
résiduaires, en les oxydant au cours de leur activité  
d'organismes vivants. De la sorte, les microorganismes  
développés artificiellement, dont le concentré est  
35 appelé "boues activées", débarrassent les eaux résiduaires

des polluants en subvenant à leurs besoins énergétiques et en assurant la croissance de la biomasse. Par voie biologique, il est possible de traiter (d'oxyder) un très grand nombre de matières organiques diverses et complexes. Sont aussi traités certains composés minéraux: hydrogène sulfuré, ammoniac, nitrites, etc. Toutefois, les eaux résiduaires contiennent aussi des matières qui ne s'oxydent pas ou ne s'oxydent que partiellement par voie biologique. L'épuration biologique est dite totale si la demande biochimique totale en oxygène (DBO) de l'eau épurée est inférieure à 20 mg/l, et elle est dite incomplète si la DBO est supérieure à 20 mg/l. Une telle détermination est, dans une certaine mesure, conventionnelle, car, même dans le cas d'une épuration biologique totale, l'eau contient encore une quantité déterminée d'impuretés.

L'épuration biologique est d'ordinaire réalisée dans des réservoirs en béton armé, appelés bassins à boues activées. Dans les bassins à boues activées, un mélange de boues à concentration se situant d'ordinaire entre 1,5 et 2,5 g/l, est soumis à une aération continue par un gaz oxygéné (air), débité par un disperseur, au cours de son cheminement de l'entrée du bassin à sa sortie, puis les boues activées sont séparées des eaux résiduaires épurées et sont recyclées dans le bassin.

D'après la structure hydrodynamique des flux de mélange bactérien, on distingue les bassins à boues activées à déplacement, dans lesquels les eaux résiduaires et les boues activées sont admises et évacuées à leurs bouts, et les bassins à boues activées mélangeurs, dans lesquels les eaux résiduaires admises se mélangent pratiquement instantanément avec tout le volume du contenu du bassin. Il a été établi que les bassins à boues activées à déplacement sont avantageux pour l'épuration poussée des eaux résiduaires avec de faibles charges de traitement,

alors que les bassins à boues activées mélangeurs, ne  
donnant pas une épuration poussée, sont capables de  
fonctionner avec de fortes charges de traitement et  
de conserver plus longtemps la stabilité du traitement  
5 quand les eaux résiduaires contiennent des constituants  
toxiques.

A l'heure actuelle, les bassins ayant reçu le plus  
d'extension sont les bassins à boues activées à un seul  
étage et les bassins à boues activées à deux étages avec  
10 régénérateurs. Comparativement aux autres, les bassins  
à boues activées à un seul étage sont d'exploitation  
relativement simple, mais leur champ d'application est  
restreint. L'épuration en un seul étage dans les bassins  
à boues activées présente une série d'inconvénients  
15 notables. Dans de tels bassins, l'épuration des effluents  
ne peut être intensifiée par augmentation de la masse  
des boues activées. En outre, lors des débits de pointe  
d'eaux résiduaires contenant des impuretés toxiques,  
les boues activées peuvent perdre leur qualité ou même  
20 être détruites. Les bassins à régénérateurs, dans lesquels  
le mélange d'eaux résiduaires et de boues activées  
est aéré pendant un temps minimal, suffisant pour obtenir  
le rendement requis d'épuration en DBO, puis les boues  
à recycler, après leur séparation dans le décanteur, sont  
25 pompées dans le régénérateur, où les processus d'oxydation  
des polluants adsorbés s'achèvent et les propriétés  
initiales sont restituées à la boue. Le bassin à boues  
activées à régénérateur requiert un ouvrage de volume  
utile bien bien plus faible, et, en outre, en cas  
30 d'altération des boues activées dans le bassin, par suite,  
par exemple, de l'arrivée d'impuretés toxiques, les boues  
activées du régénérateur constituent une réserve sûre. Une  
particularité des bassins à boues activées à deux étages  
réside dans le fait qu'à chaque étage se développent des

boues activées "spécialisées", aussi devient-il possible de réaliser l'épuration biologique totale des eaux résiduaires de forte concentration, contenant des polluants organiques difficilement oxydables.

5 Les polluants organiques apportés par les eaux résiduaires arrivent aux ouvrages d'épuration d'une manière irrégulière pendant le jour, cette irrégularité étant à deux composantes: irrégularité de la quantité d'eau arrivant à l'épuration et irrégularité de la concentration  
10 en matières polluantes. La coïncidence dans le temps desdites irrégularités fait que, durant des périodes déterminées de fonctionnement des bassins à boues activées, les charges de traitement dépassent les valeurs moyennes de 3 à 5 fois, et même plus dans certains cas. L'efficacit  
15 cité de fonctionnement des bassins à boues activées est déterminée par une série de conditions, auxquelles se rapportent: la composition et les propriétés des eaux résiduaires, les conditions hydrodynamiques de brassage du milieu de traitement, la proportion entre la quantité  
20 de polluants apportés et la concentration en boues activées, ainsi que le régime d'oxygène du bassin. Dans les conditions réelles, sous l'effet des fluctuations brusques de la charge, qui ne sont pas tolérées par toute cellule vivante, les boues activées sont "atteintes de  
25 maladie", perdent leurs propriétés oxydantes et leur décantabilité, ce qui peut provoquer non seulement une forte altération de la qualité d'épuration, mais même un dérangement total du fonctionnement de l'ouvrage. Afin de rendre le fonctionnement des bassins à boues activées  
30 moins sensible aux fluctuations de la charge de traitement, il faut augmenter notablement le volume utile des ouvrages et la consommation d'énergie électrique pour l'aération. Par exemple, dans les conditions réelles d'épuration des eaux résiduaires urbaines, le contact  
35 des eaux résiduaires avec les boues activées dans les

bassins dure en moyenne 6 à 8 heures, et la consommation spécifique d'air selon la pollution des eaux résiduaires s'élève à 5-15 m<sup>3</sup> par mètre cube d'eau épurée. Pour un débit d'eaux résiduaires de 50 000 m<sup>3</sup>/j, correspondant à un ensemble de taille moyenne, le volume des bassins à boues activées s'élève à 20.000-25.000 m<sup>3</sup>, et la consommation journalière d'énergie électrique pour l'aération est de 7000 à 10 000 kWh, une partie notable de ces volumes et de cette énergie étant utilisée d'une manière inefficace.

On connaît un procédé d'épuration biologique des eaux résiduaires par boues activées dans un bassin à boues activées à un seul étage (demande de brevet japonais n° 57-28316, Int. Cl. C 02 F 3/12), dans lequel les eaux résiduaires à épurer sont mélangées avec les boues activées, le milieu bactérien est aéré, puis les boues à recycler sont séparées dudit milieu bactérien et réadmisées pour leur mélange avec les eaux résiduaires arrivant à l'épuration, tandis que les eaux résiduaires épurées sont transmises au traitement subséquent, par exemple à la stérilisation par le chlore. Le contrôle du déroulement du processus dans les conditions de fluctuations de la charge en polluants apportés s'effectue par mesure de la concentration en boues activées et de la quantité d'oxygène absorbé, et le maintien de la proportion entre les polluants organiques des eaux résiduaires arrivant à l'épuration et les boues activées à un niveau optimal constant s'effectue par variation de la concentration des boues activées dans le système, obtenue en régulant le surplus de boues activées évacué.

Ce procédé n'assure une épuration fiable et de qualité que pour les eaux résiduaires à composition relativement simple des polluants, quand les fluctuations de la charge de traitement sont d'amplitude insignifiante et de caractère progressif.

Toutefois, de telles conditions de service sont rares dans la pratique. Dans les cas les plus répandus, quand les eaux résiduaires contiennent des polluants organiques de composition complexe et que les fluctuations de la charge à période de quelques heures sont importantes, l'application de ce procédé n'a pas un effet sensible.

En outre, la séparation gravimétrique du milieu bactérien concentré en boues à recycler et eaux résiduaires épurées s'accompagne d'un entraînement accru de particules en suspension, ce qui abaisse fortement le rendement d'épuration. En cas d'emploi, après l'épuration biologique, d'ouvrages d'épuration poussée (filtres à sable ou à charbon, installations d'ozonisation, filtres à échangeurs d'ions, etc.), ceux-ci sont, en règle générale, rapidement mis hors d'usage quand la teneur en matières en suspension des eaux à épurer dépasse 15 à 20 mg/l.

On connaît aussi un procédé en deux stades d'épuration biologique des eaux résiduaires par élimination des polluants organiques au moyen de boues activées (demande RFA n° 2 936 884A I, Cl. Int. C O2 F 3/12), dans lequel, au premier stade, le milieu bactérien est aéré, puis séparé, les boues activées étant ensuite régénérées, et au second stade, le milieu est aéré, puis les restes de boues activées sont évacués.

Ce procédé permet d'épurer des eaux résiduaires fortement concentrées (DBO de plus de 1000 mg/l), contenant des polluants industriels difficilement oxydables.

Toutefois, le champ d'application de ce procédé, quoique couvrant les eaux résiduaires industrielles, reste restreint. Par suite des fluctuations de la charge de traitement au premier stade d'épuration biologique, fonctionnant à concentration constante des boues activées, il se produit au cours du jour des écarts fréquents du rapport optimal de la quantité de polluants organiques apportés à la concentration en boues activées. Les surcharges

sont particulièrement fortes dans les zones initiales du premier étage d'épuration; il s'ensuit que la qualité de l'épuration des eaux devient instable, les boues ont tendance à gonfler, leur décantation s'altère et une quantité notable de polluants n'ayant pas été oxydés au premier étage d'épuration commence à passer au second, de pair avec l'excès de matières en suspension. Ceci trouble le fonctionnement du second stade et de grandes quantités de polluants difficilement oxydables s'échappent aux eaux épurées.

Pour accroître la stabilité du traitement, il est nécessaire de donner au premier stade d'épuration une plus grande inertie, c'est-à-dire qu'il faut augmenter de 2 à 3 fois le volume utile des ouvrages, d'où l'accroissement des frais de construction et l'occupation d'un terrain de grande superficie. Dans le même temps, les frais d'exploitations augmentent fortement et, en premier lieu, les frais d'aération, car, afin d'éviter la destruction des boues activées par suite d'un manque d'oxygène, il s'avère nécessaire d'assurer le régime correspondant à la charge maximale. Dans les périodes de charge réduite, par exemple la nuit, l'aération en excès fragmente les boues activées, qui, en cas d'insuffisance de substances nutritives, se divisent facilement en particules difficilement décantables. Les boues activées fragmentées sont accrochées par les bulles d'air séparées et entraînées à la surface, où elle forment une masse "flottée" ou une mousse. L'apparition d'une telle mousse trouble le processus de séparation des boues, abaisse la qualité de l'eau épurée et provoque un fort abaissement de la concentration en boues activées dans le système. D'ordinaire, ceci se produit la nuit, quand le contrôle visuel du traitement est rendu difficile.

Dans le procédé connu qui vient d'être décrit, la régulation de l'intensité d'aération en fonction de la charge s'effectue par variation du nombre de soufflantes

en service, ce qui ne permet pas d'assurer une aération et un degré d'utilisation de l'oxygène suffisamment uniformes.

On s'est donc proposé de créer un procédé  
5 d'épuration biologique d'eaux résiduaires et un bassin à boues activées pour sa mise en oeuvre, dans lesquels, grâce à la régulation immédiate de la concentration en boues activées au premier stade d'épuration par variation de la quantité de gaz oxygéné et changement de la structure  
10 hydrodynamique du flux de milieu bactérien, le rapport entre les polluants organiques des eaux résiduaires arrivant à l'épuration et les boues activées aurait constamment une valeur optimale.

Ce but est atteint du fait que, dans le procédé  
15 d'épuration biologique des eaux résiduaires, du type dans lequel les polluants organiques sont éliminés en deux stades au moyen de boues activées, au premier desquels les eaux résiduaires arrivant à l'épuration sont mélangées avec les boues activées, le milieu bactérien  
20 ainsi obtenu est aéré, puis les boues à recycler sont séparées du milieu bactérien de la zone terminale de ce stade, régénérées et réadmisées dans la zone initiale de ce stade pour leur mélange avec les eaux résiduaires arrivant à l'épuration, tandis qu'au second stade, les  
25 eaux de boues, obtenues après séparation des boues à recycler du milieu bactérien, sont aérées, puis débarrassées des restes de boues activées, d'après l'invention les boues à recycler admises à la régénération sont divisées en deux parties, l'une allant directement à la régénération, et  
30 l'autre étant épaissie, puis mélangée à la première partie de boues à recycler pour leur régénération simultanée, de telle sorte que le rapport entre les polluants organiques des eaux résiduaires arrivant à l'épuration et les boues activées reste constant au premier stade d'épuration.

La division du débit de boues à recycler allant à la régénération en deux parties, dont l'une est épaissie avant la régénération, permet de réduire la durée de séparation des boues à recycler du milieu bactérien à 5 15-30 min au lieu des 60 à 90 min ordinairement nécessaires, ce qui réduit à un minimum leur durée de séjour dans des conditions anaérobies et assure une meilleure conservation de leur activité. L'augmentation de la concentration des boues à recycler accroît l'efficacité d'utilisation du volume utile des régénérateurs et du 10 gaz oxygéné nécessaire à la régénération. Enfin, l'augmentation de la concentration des boues activées dans les régénérateurs provoque, du fait de l'augmentation de la concentration moyenne en boues activées dans le système, 15 un accroissement de la concentration en boues activées au premier stade d'épuration, ce qui accroît le pouvoir oxydant, augmente la stabilité quand les charges de traitement sont accrues et assure le maintien d'un rapport optimal constant entre les polluants organiques des eaux 20 résiduelles arrivant à l'épuration et les boues activées.

Ceci permet d'accélérer de 3 à 4 fois la séparation des boues, de diminuer de 1,5 à 2 fois le volume des boues à recycler allant à la régénération, de réduire de 1,1 à 1,3 fois la période d'aération des boues activées 25 au premier stade, ainsi que de diminuer de 8 à 12% la quantité de gaz oxygéné (air) admis à la régénération des boues.

Il est avantageux que la partie des boues à recycler soumise à l'épaississement soit sensiblement de 0,2 à 0,8 30 de la masse totale des boues à recycler allant à la régénération.

La concentration des boues à recycler allant à la régénération dépend de sa capacité d'épaississement et de décantation (propriétés de sédimentation) et peut osciller 35 dans une plage étendue. Les propriétés de sédimentation des

boues, déterminées par leur composition bactérienne et par l'état physiologique des microorganismes, dépendent en premier lieu de la nature des eaux résiduaires, ainsi que de toute une série de facteurs, déterminant les conditions physico-chimiques de déroulement du traitement. La variation de la partie des boues à recycler soumise à l'épaississement dans une plage de, sensiblement, 0,2 à 0,8 de la masse totale des boues à recycler permet de maintenir la concentration moyenne des boues à recycler à une valeur constante, correspondant au niveau prescrit pour différentes propriétés de sédimentation des boues activées.

Il est recommandé, en cas d'arrivée accrue d'eaux résiduaires, de prémélanger une partie du débit d'eaux résiduaires arrivant au premier stade avec les boues activées régénérées allant au premier stade et d'exécuter une aération supplémentaire par admission de gaz oxygéné, puis de mélanger le milieu bactérien obtenu avec le reste des eaux résiduaires allant à la zone initiale du premier stade, et ensuite, après le traitement au premier stade, de retourner une partie du débit de milieu bactérien de la zone terminale à la zone initiale du premier stade, ce qui est réalisé en la mélangeant avec les boues à recycler allant à la régénération, la quantité de gaz oxygéné insufflé pour l'aération supplémentaire étant telle qu'elle assure un brassage longitudinal énergique du milieu bactérien du premier stade par recirculation de ce milieu entre la zone terminale et la zone initiale du premier stade.

La mise en oeuvre d'une aération supplémentaire dans la période d'arrivée accrue assure l'introduction de la quantité nécessaire d'oxygène.

Afin que l'oxygène soit utilisé le plus complètement possible pendant l'aération supplémentaire, il est souhaitable qu'une partie du débit d'eaux résiduaires arrivant au premier étage soit prémélangée avec les boues activées régénérées allant

au premier étage, ce qui accroît la vitesse de consommation de l'oxygène et prépare les boues aux charges de traitement dès le stade de régénération.

5 Le brassage longitudinal efficace du milieu bactérien entre la zone terminale et la zone initiale du premier étage, provoqué par l'aération supplémentaire, change la structure hydrodynamique de son flux du régime de déplacement au régime de mélange total, ce qui contribue à une répartition uniforme rapide des polluants apportés.  
10 Les gradients de concentration des polluants organiques, de l'oxygène dissous et des boues activées suivant la longueur du flux de milieu bactérien sont alors minimaux. L'accroissement proportionnel de la concentration en boues activées nécessaire au premier étage dans la période d'ar-  
15 rivée accrue est assuré grâce à l'homogénéisation réciproque rapide des flux de boues activées régénérées et de milieu bactérien.

Les opérations de traitement indiquées augmentent le pouvoir oxydant du premier étage d'épuration de plusieurs  
20 fois, sans abaisser la qualité de l'eau épurée, ceci étant obtenu avec un niveau minimal de dépenses d'énergie et sans augmentation des volumes utiles du système, quoique l'arrivée puisse augmenter de 1,5 à 2 fois, et la charge de traitement, de 3 à 5 fois.

25 Un effet favorable est obtenu quand le gaz oxygéné pour l'aération supplémentaire est admis en quantité assurant, entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration, un rapport se situant sensiblement dans la plage de 3 à 10.

30 La gaz oxygéné introduit dans le milieu bactérien pendant l'aération supplémentaire remplit simultanément deux fonctions. La première est de créer une structure hydrodynamique du flux proche du régime de mélange total, quand le gaz oxygéné assure la recirculation du milieu  
35 bactérien entre la zone terminale et la zone initiale du pre-

mier étage. La seconde fonction est d'introduire dans le milieu bactérien une quantité supplémentaire d'oxygène dissous, ce qui est nécessaire pour le déroulement de l'oxydation assurant l'épuration des eaux résiduaires.

5 Lorsque les eaux résiduaires arrivant à l'épuration ont des concentrations peu élevées de polluants en DBO (jusqu'à 150 mg/l), la fonction déterminante est la première, et le rapport entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit d'eaux résiduaires arrivant  
10 à l'épuration est minimal, égal à 3. Quand les concentrations de polluants organiques dans les eaux résiduaires arrivant à l'épuration sont élevées, c'est la seconde fonction qui est déterminante, et le rapport entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit d'eaux résiduaires  
15 arrivant à l'épuration est maximal, égal à 10.

Ceci permet d'assurer, pendant les périodes d'arrivée accrue, ainsi que lors de charges dites de pointe, le maintien de la consommation d'énergie à un niveau optimal, grâce à une utilisation plus complète du gaz oxygéné  
20 admis, tant pour le transport que pour l'oxydation.

Un effet favorable est obtenu quand le débit d'eaux résiduaires allant au prémélange avec les boues régénérées est compris sensiblement entre 1/3 et 2/3 du débit d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration.

25 La plage des fluctuations pratiquement possibles de l'arrivée d'eaux résiduaires s'étend de 1,3 à 3 fois l'arrivée moyenne. En d'autres termes, pendant les périodes d'arrivée accrue d'eaux résiduaires à l'épuration, la quantité supplémentaire d'eaux résiduaires arrivant  
30 à l'épuration est de 1/3 à 2/3 du débit. Pour que l'épuration reste stable au premier étage, il est avantageux de soumettre la quantité supplémentaire d'eau à une aération supplémentaire et de la mélanger aux boues activées régénérées.

Les limites indiquées sont optimales, car leur dépassement vers des valeurs plus faibles augmenterait les pertes d'oxygène à l'atmosphère, et leur dépassement vers des valeurs plus fortes ferait apparaître dans la zone d'action de l'aération complémentaire un manque  
5 d'oxygène dissous, ce qui aurait un effet défavorable sur l'épuration des eaux résiduaires.

Il est avantageux que les eaux se formant par suite de l'épaississement d'une partie des boues à recycler  
10 allant à la régénération, soient admises au second étage et soumises à l'aération, et que les boues activées séparées après le second étage soient mélangées aux boues à recycler allant à la régénération.

Les eaux de boues se formant pendant l'épaississement des boues à recycler contiennent une quantité notable  
15 de particules en suspension difficilement décantables, qui, avant la décantation finale, sont avantageusement soumises à l'aérocoagulation par soufflage de petites quantités de gaz oxygéné. Ceci augmente la charge électrostatique à la surface des floccs de boues, ce qui accroît leur attraction réciproque et accélère la décantation. En outre,  
20 certains polluants difficilement oxydables passent quelquefois du premier étage au second, où leur oxydation est achevée par le milieu bactérien, le second étage fonctionnant en régime de charges de traitement faibles.  
25

La quantité totale de boues emportée par les eaux de boues au second étage d'épuration peut dépasser la quantité de boues activées en excès. En outre, dans certaines périodes de fonctionnement, il est avantageux  
30 qu'une partie des boues activées soutirées après le second étage soit mélangée aux boues à recycler allant à la régénération, afin de maintenir de hautes concentrations en boues activées dans le système d'épuration.

Grâce aux opérations de traitement ainsi exécutées,  
35 il devient possible d'assurer une épuration poussée stable

des eaux résiduaires quand leur arrivée est irrégulière, avec des dépenses d'énergie minimale et une réduction du génie civil du système de 1,5 à 2 fois.

Il est avantageux de mettre en oeuvre le procédé  
5 faisant l'objet de l'invention dans un bassin à boues  
activées comprenant un réservoir de mélange faisant  
partie d'un premier étage, équipé de disperseurs d'air  
comprimé et comportant une zone initiale dans laquelle  
10 sont disposés des dispositifs d'entrée des eaux résiduaires  
et des boues activées dans le réservoir, ainsi qu'une  
zone terminale dans laquelle se trouve la sortie de  
milieu bactérien, mise en communication avec un séparateur  
de boues adapté pour séparer les boues à recycler du  
milieu bactérien, ce séparateur ayant une sortie d'eaux  
15 résiduaires épurées, mise en communication avec un réservoir  
à déplacement faisant partie d'un second étage, équipé de  
disperseurs d'air comprimé et d'un séparateur de boues, ainsi  
qu'une sortie de boues à recycler mise en communication  
avec une chambre de régénération comportant des disper-  
20 seurs d'air comprimé, la sortie de cette chambre étant  
mise en communication avec le dispositif d'entrée des  
boues activées régénérées dans le réservoir du premier  
étage, bassin qui, d'après l'invention, est équipé d'un  
épaississeur de boues, adapté pour accroître la concen-  
25 tration des boues à recycler et comportant une entrée  
qui est mise en communication avec la sortie de boues à  
recycler du séparateur de boues, ainsi que deux sorties,  
l'une pour les boues à recycler, mise en communication  
avec l'entrée de la chambre de régénération, et l'autre,  
30 pour les eaux de boues, communiquant avec l'entrée du  
réservoir à déplacement du second étage.

L'emploi d'un épaississeur de boues adapté pour  
accroître la concentration des boues à recycler, en combi-  
naison avec une période courte de séparation des boues,  
35 permet non seulement d'augmenter la quantité de microor-

ganismes actifs assurant l'épuration des eaux résiduaires, mais aussi, grâce à la réalisation de l'épaississement en régime aérobic, de maintenir les propriétés oxydantes des boues activées au niveau le plus haut.

Il en résulte un accroissement notable de la vitesse d'oxydation des polluants, ce qui rend possible une réduction substantielle du volume des bassins à boues activées.

Il est souhaitable que le bassin à boues activées soit en outre équipé d'une préchambre comportant des disperseurs d'air comprimé et intercalée entre la sortie de la chambre de régénération et le dispositif d'entrée des boues activées dans le réservoir du premier étage, cette préchambre étant également mise en communication avec le dispositif d'entrée des eaux résiduaires dans le réservoir du premier étage, et la chambre de régénération étant mise en communication avec la zone terminale du réservoir du premier étage.

Le diagramme réel des fluctuations de la charge des ouvrages d'épuration en fonction des heures du jour comporte, en règle générale, deux zones de valeurs extrêmes (maximales): du matin et du soir. Les dépenses improductives d'énergie électrique sont d'autant plus basses et les performances technologiques et économiques d'autant plus élevées que le diagramme en escalier du pouvoir oxydant commandé du bassin à boues activées est rapproché du diagramme de la charge en eaux résiduaires. Ceci est obtenu par un choix approprié du nombre de préchambres et de leur débit. Du point de vue de la commodité de la commande, tout en obtenant des performances technico-économiques optimales, il est avantageux que le bassin à boues activées soit équipé d'une préchambre principale et d'une préchambre supplémentaire.

Un effet favorable est obtenu quand la sortie de boues activées du séparateur de boues du second étage est mise en communication avec l'entrée de la chambre de régénération.

5 La possibilité de transmettre les boues activées sortant du séparateur de boues du deuxième étage à la chambre de régénération, ce qui peut être considéré comme étant un recyclage périodique des boues activées du second  
10 étage d'épuration au premier, permet de maintenir les concentrations nécessaires en boues activées au premier étage d'épuration pendant les charges de pointe. Ceci permet, de plus, de régler à la valeur voulue le rapport entre les boues activées circulant dans le système d'épuration et les boues activées en excès à évacuer du  
15 système.

Il est recommandé que le bassin à boues activées comprenne une cuve longitudinale ouverte à sa partie supérieure, partagée par une cloison transversale en deux compartiments, dans le premier desquels sont placées des  
20 cloisons longitudinales, qui forment, d'une part, suivant l'axe longitudinal de la cuve, le réservoir du premier étage, à l'intérieur duquel sont montés des disperseurs de gaz oxygéné, et qui forment d'autre part, avec les parois de la cuve, la chambre principale de régénération  
25 et la chambre supplémentaire de régénération, situées de part et d'autre du réservoir du premier étage et comportant des cloisons transversales les partageant en cellules, dans chacune desquelles est placé un disperseur de gaz oxygéné, ainsi que des cloisons longitudinales et  
30 transversales disposées auprès de la zone initiale du réservoir, à l'intérieur des cloisons longitudinales, de façon à former une préchambre principale et une préchambre supplémentaire, mises en communication avec les chambres principale et supplémentaire de régénération par des  
35 des chicanes hautes, et avec le réservoir, par des

seuils, et équipées de disperseurs de gaz oxygéné, et dans le second desquels, suivant son axe, est monté un séparateur de boues horizontal du type à gravité, mis en communication avec le réservoir du premier étage par un passage siphonide et formant avec les parois du second compartiment le réservoir du second étage, des épaisseurs de boues verticaux du type à gravité étant montés auprès de la cloison transversale de la cuve et mis en communication avec les chambres principale et supplémentaire de régénération, et le séparateur de boues étant équipé de moyens d'ascension à l'air ("airlifts") pour l'amenée des boues à recycler de concentration accrue dans les chambres principale et supplémentaire de régénération.

L'agencement de tous les principaux ouvrages dans une cuve unique vise plusieurs objectifs à la fois. Une telle solution permet de réduire la consommation de matériaux de construction à la surface du terrain nécessaire, grâce à l'utilisation étendue de cloisons mitoyennes et à la réduction de la longueur des dispositifs de distribution et des dimensions des dispositifs d'entrée. Pour une série d'ouvrages, un tel agencement s'avère radical. Par exemple, l'association des chambres de régénération et des préchambres avec le réservoir à mélange du premier étage d'épuration, fonctionnant pendant la période d'arrivée accrue, suivant le principe des vases communicants, permet de réduire à un minimum les dépenses d'énergie pour la recirculation des eaux.

Les séparateurs et les épaisseurs de boues à gravité permettent d'assurer, avec des frais minimaux, ainsi que sans dérangement de la structure du floc de boues, le maintien d'une forte concentration des boues à recycler.

L'utilisation de moyens d'ascension à l'air pour le transfert des boues activées du séparateur à l'épaisseur,

ainsi que de l'épaississeur aux chambres de régénération, est la solution la plus simple dans les conditions réelles, et permet en même temps de saturer en oxygène dissous les boues activées au cours de leur épaissement, ce qui contribue  
5 à la conservation de leurs propriétés utiles.

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lecture de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre  
10 d'exemples non limitatifs, avec références aux dessins non limitatifs annexés dans lesquels:

- la figure 1 représente schématiquement la séquence des opérations du procédé d'épuration biologique en cas d'arrivée moyenne des eaux résiduaires, d'après  
15 l'invention;

- la figure 2 représente la variation de la concentration de la partie épaissie des boues à recycler ( $a_2$ ) en fonction du temps (t) de séjour dans l'épaississeur;

- la figure 3 représente ladite séquence d'opérations en cas d'arrivée accrue des eaux résiduaires, d'après  
20 l'invention;

- la figure 4 représente ladite séquence d'opérations quand l'arrivée des eaux résiduaires est maximale, d'après  
l'invention;

- la figure 5 représente la variation de la structure hydrodynamique du flux de milieu bactérien (D/U1) en fonction du rapport de recirculation (R);  
25

- la figure 6 représente une vue d'ensemble d'un bassin à boues activées conforme à l'invention;

- la figure 7 représente la coupe 7-7 de la figure 1;  
30

- la figure 8 représente la coupe 8-8 de la figure 1;

- la figure 9 représente la coupe 9-9 de la figure 1;

- la figure 10 représente le diagramme des variations de la quantité d'oxygène admise en fonction des heures du jour, résultant du fonctionnement des préchambres principale et supplémentaire.  
35

Le procédé proposé d'épuration biologique des eaux résiduaires par boues activées consiste essentiellement en ce qui suit. Les eaux résiduaires 1 (figure 1) à traiter sont admises au premier étage 2 d'épuration, où elles se mélangent avec les boues activées régénérées 3, 4 à concentration d'environ 8 g/l, arrivant des régénérateurs 5, 6, et le milieu bactérien obtenu, à concentration en boues de 1,5 à 2,5 g/l, est aéré par un gaz oxygéné 7, par exemple de l'air. Au cours de l'aération par barbotage à fines bulles, l'oxygène des bulles de gaz se dissout dans le liquide, ce qui assure des conditions aérobies pour les microorganismes des boues activées réalisant l'épuration des eaux. Au premier étage 2 d'épuration, les floccs de boues activées adsorbent les polluants organiques apportés et les oxydent partiellement, puis les boues à recycler à concentration de 4 à 7 g/l sont séparées du milieu bactérien 8 dans la zone terminale du premier étage 2, par exemple par gravité, à l'aide du séparateur 9 de boues du premier étage 2.

Afin de restituer aux boues activées de la zone terminale du premier étage 2 leur activité initiale, celle-ci diminuant au fur et à mesure que les polluants organiques sont adsorbés, ces boues sont soumises à une régénération - séjour aérobie de plusieurs heures - au cours de laquelle les boues activées se trouvant dans les régénérateurs 5, 6 métabolisent les polluants adsorbés et sont aérées par le gaz oxygéné 10, 11. Les boues activées obtenues sont réadmisées au mélange avec les eaux résiduaires 1 arrivant dans la zone initiale du premier étage 2, et le processus de traitement se répète.

Lors de la séparation des boues à recycler d'avec le milieu bactérien 8 de la zone terminale du premier étage, dans les conditions d'un contact de courte durée (15 à 30 minutes), il se forme des eaux 12 de boues, constituées par des eaux résiduaires épurées au moins à 90% et des

boues activées entraînées, principalement celles qui sont difficiles à décantier, à concentration de 0,2 à 0,5 g/l. Pour les débarrasser de la suspension difficilement décantable qu'elles contiennent, ainsi que pour achever l'oxydation des restes de polluants organiques, ces eaux 12 sont admises au second étage 13 d'épuration, où elles sont soumises à une aération 14. Au cours de l'aération au second étage 13, les floccs de boues activées grossissent et par conséquent s'alourdissent par suite de leur biocoagulation, après quoi les eaux chargées 15 du second étage 13 sont séparées pendant 1 à 1,5 heure, dans le séparateur 16 du second étage, en boues activées et en eaux résiduaires 17 complètement épurées (DBO = 10 à 15 mg/l), qui sont évacuées du bassin et transmises, par exemple, à la désinfection, avant le rejet dans une étendue d'eau.

Les boues activées 18 en excès, résultant de la croissance des boues activées recyclées du premier étage, se décantent et s'épaississent dans le séparateur de boues 16 du second étage jusqu'à une concentration de 9 à 12 g/l, et sont évacuées pour le traitement ultérieur ou le valorisation.

D'après l'invention, les boues à recycler sont divisées en deux parties, dont l'une, la partie 19, 20, va directement aux régénérateurs, et l'autre, la partie 21, 22, subit avant la régénération un épaissement préliminaire (c'est-à-dire une augmentation de leur concentration) dans des épaisseurs 23, 24, et ce n'est qu'après ce traitement que les boues épaissies 25, 26 sont remélangées avec la première partie 19, 20 des boues à recycler pour leur régénération simultanée.

La séparation du débit de boues à recycler allant à la régénération en deux parties, dont l'une, la partie 21, 22 est épaissie avant la régénération, ce qui se traduit par une augmentation de la concentration moyenne des

boues à recycler, permet de résoudre une série de problèmes techniques: de réduire la durée de séparation des boues à recycler d'avec les eaux chargées 8 à 15-30 min au lieu des 60 à 90 min ordinairement nécessaires, et de mieux conserver ainsi son activité, car sa durée de séjour dans des conditions anaérobies est réduite à un minimum; d'accroître de 50 à 100% l'efficacité du volume utile des régénérateurs 10, 11 et d'augmenter d'au moins 3 à 4% le degré d'utilisation de l'oxygène admis aux générateurs 10, 11 pour l'aération, ce qui, à son tour, augmente de 15 à 20% l'utilisation du gaz oxygéné; d'augmenter la concentration des boues activées au premier étage d'épuration jusqu'à 2,5 à 3 g/l, ce qui accroît la stabilité du processus d'épuration grâce au maintien du rapport entre les polluants organiques des eaux résiduelles arrivant à l'épuration et les boues activées à un niveau optimal constant quand les charges de traitement sont accrues.

Le rapport entre les polluants organiques des eaux résiduelles arrivant à l'épuration et les boues activées est exprimé en DBO par gramme de boues activées et par unité de temps (jour). Les rapports optimaux dépendent de la nature des eaux résiduelles, du caractère du traitement, du degré d'épuration requis et, dans chaque cas concret, sont déterminés expérimentalement. On peut supposer que pour les eaux résiduelles urbaines et les eaux résiduelles industrielles qui leur sont proches en composition, le rapport optimal entre les polluants organiques des eaux résiduelles arrivant à l'épuration et les boues activées pour le premier étage d'épuration biologique se situe sensiblement entre 0,8 et 1 DBO/g de boues activées par jour. Ce rapport, avec lequel on obtient une épuration biologique pratiquement totale, doit être considéré comme optimal, car, aux valeurs inférieures, quoique la qualité de l'épuration soit

préservée, le pouvoir oxydant des boues activées n'est pas complètement utilisé, et aux valeurs supérieures, les boues activées ont tendance à gonfler, ce qui affecte l'épuration des eaux et fait surgir de sérieuses difficultés d'exploitation.

Afin que la concentration des boues à recycler allant à la régénération ne dépende pas de leurs propriétés de sédimentation, il est avantageux que la partie des boues à recycler soumise à l'épaississement préliminaire soit sensiblement égale à 0,2-0,8 de la masse totale de boues à recycler allant à la régénération.

Ceci permet de maintenir au premier étage d'épuration des bassins à boues activées une concentration en boues activées "a" allant jusqu'à 3 g/l, ce qui assure la stabilité du traitement aux charges accrues. La concentration en boues activées "a" au premier étage d'épuration et la concentration des boues activées à régénérer  $a_0$  sont liées entre elles par la relation:

$$a = \frac{\alpha a_0}{1 + \alpha}$$

$\alpha$  étant la fraction de boues à recycler par rapport à l'arrivée d'eaux résiduaires adoptée pour les calculs, égale à 0,5-0,6.

On a donc:

$$a = a_0 \left( \frac{1 + \alpha}{\alpha} \right) = 3 \cdot \frac{1 + 0,6}{0,6} = 8 \text{ g/l.}$$

A son tour, la grandeur  $a_0$  est liée à la concentration des boues à recycler non épaissies  $a_1$  et épaissies  $a_2$  par la relation:

$$a_0 = \frac{a_1 q_1 + a_2 q_2}{q_1 + q_2}$$

$q_1$  et  $q_2$  étant les quantités de boues à recycler non épaissies et épaissies, respectivement, exprimées en fractions d'unité.

Les grandeurs  $a_1$  et  $a_2$  dépendent du caractère des eaux résiduaires, ainsi que de nombre d'autres facteurs, déterminant l'aptitude des boues à décanter et à s'épaissir. Il s'ensuit que pour des boues décantant bien  $a_1 = 7$  g/l,  $q_1 = 0,8$  et  $a_2 = 12$  g/l,  $q_2 = 0,2$ , et pour des boues décantant mal  $a_1 = 4$  g/l,  $q_1 = 0,2$  et  $a_2 = 9$  g/l,  $q_2 = 0,8$ . Il est facile de s'assurer de l'exactitude des rapports choisis de la façon suivante:

pour des boues décantant bien :

$$a_0 = \frac{7 \cdot 0,8 + 12 \cdot 0,2}{0,8 + 0,2} = 8 \text{ g/l,}$$

pour des boues décantant mal :

$$a_0 = \frac{4 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,8}{0,2 + 0,8} = 8 \text{ g/l.}$$

La régénération de boues activées à concentration supérieure à 8 g/l, est irrationnelle, car, dans ce cas, le brassage du milieu bactérien, la résistance au transfert de l'oxygène au liquide augmente, la formation de mousses s'intensifie et le pompage des boues devient plus difficile.

Sur les figures 1, 3, 4, représentant la séquence des opérations du procédé d'épuration biologique, les traits interrompus indiquent les flux d'eaux résiduaires à traiter et traitées, les traits continus indiquent les flux de boues activées régénérées, à recycler et en excès à concentration de 4 g/l et au-dessus, les traits mixtes indiquent les flux de milieu bactérien issus des zones terminales des premier et second étages et d'eaux de boues provenant de la séparation et de l'épaississement des boues.

La figure 2 représente la variation, obtenue expérimentalement, de la concentration  $a_2$  de la partie épaisse  $q_2$  des boues à recycler en g/l en fonction du temps  $t$  exprimé en heures de séjour dans l'épaississeur pour les boues activées décantant bien (courbe A) et décantant mal (courbe B). L'intervalle de temps de 0 à 2 heures est en fait la zone de l'épaississement aérobie des boues à recycler, quand les microorganismes actifs ne perdent pas leurs propriétés fonctionnelles. Après un séjour de plus de 2 heures, les boues à recycler continuent à se concentrer jusqu'à 20-30 g/l, mais ceci s'effectue maintenant en régime anaérobie, quand leur activité est perdue dans une large mesure et ne peut être rétablie que par un traitement prolongé. Les courbes A et B données font apparaître que, pour des boues à recycler ayant différentes propriétés de sédimentation, les concentrations calculées  $a_2$  (9 et 12 g/l respectivement) peuvent être atteintes par épauississement en régime aérobie.

Dans la période d'arrivée accrue d'eaux résiduaires et d'augmentation de la concentration des polluants organiques dans les eaux résiduaires, ou bien quand les facteurs indiqués se manifestent simultanément, la valeur optimale du rapport entre les polluants organiques des eaux résiduaires arrivant au traitement et les boues activées se trouve dépassée au première étage d'épuration biologique de 1,5 fois et même plus. Afin que, dans la période d'arrivée accrue, ledit rapport reste maintenu à un niveau proche de la valeur optimale, la concentration en boues activées du milieu bactérien doit aussi être immédiatement augmentée de 1,5 fois et plus. En outre, le système doit recevoir une quantité supplémentaire d'oxygène et la structure hydrodynamique du flux de milieu bactérien doit être rapprochée du régime de mélange total, afin d'assurer la constance des paramètres d'épuration de la zone initiale à la zone terminale du premier étage d'épuration.

Pour cela (figure 3), quand l'arrivée des eaux résiduaires s'accroît, une partie du débit 27 d'eaux résiduaires arrivant au premier étage est prémélangée avec les boues activées régénérées allant au premier étage, et soumise à une aération supplémentaire 28 par admission de gaz oxygéné, puis le milieu bactérien obtenu est mélangé au reste des eaux résiduaires admis dans la zone initiale du premier étage 2, et, après traitement au premier étage, une partie 29 du débit de milieu bactérien de la zone terminale du premier étage 2 est retournée à la zone initiale du premier étage, ceci étant réalisé en la mélangeant avec les boues 19, 25 à recycler allant à la régénération.

La croissance de la concentration en boues activées au premier étage d'épuration, nécessaire dans la période d'arrivée accrue et devant être proportionnelle à la charge croissante, est assurée grâce à l'homogénéisation réciproque rapide des flux de boues activées régénérées provenant du régénérateur 5 et de milieu bactérien. Comme la concentration des boues activées régénérées 3 est en fait de 8 g/l, et que la concentration en boues activées du milieu bactérien 8 est en moyenne de 2 g/l, compte tenu des volumes possibles du régénérateur 5 et du réservoir de mélange du premier étage 2 d'épuration, la concentration de travail des boues activées pendant la période d'arrivée accrue sera en moyenne de 4 g/l. Cela signifie que la mise en oeuvre de l'artifice de traitement indiqué assure le maintien du rapport entre les polluants organiques apportés et les boues activées à un niveau optimal dans les conditions d'une variation rapide de la charge de traitement pouvant aller au moins jusqu'à deux fois.

Afin que, durant l'aération supplémentaire 28, l'oxygène soit utilisé le plus complètement possible, la partie 27 du débit d'eaux résiduaires arrivant au premier étage est avantageusement prémélangée avec les boues activées

régénérées 3 allant au premier étage à partir du régénérateur. Ceci accroît le degré d'utilisation de l'oxygène jusqu'à 10 à 12%, grâce à l'augmentation de la vitesse de sa consommation, et assure l'adaptation des boues aux charges de traitement dès le stade final de la régénération.

Le gaz oxygéné pour l'aération supplémentaire 28 doit être admis en quantité suffisante, non seulement pour le maintien de la vitesse accrue d'oxydation des polluants, mais aussi pour assurer un brassage longitudinal énergétique du milieu bactérien du premier étage par la recirculation 29, 30 de ce milieu entre les zones terminale et initiale, respectivement, du premier étage. La quantité augmentée de polluants apportée dans la période d'arrivée accrue au premier étage d'épuration biologique crée une tendance à la surcharge locale des boues activées, ainsi qu'à un abaissement de la concentration en oxygène dissous du milieu bactérien jusqu'à une valeur inférieure à 2 mg/l dans la zone initiale du premier étage. Une telle situation est tout à fait indésirable, car elle trouble la stabilité du processus d'épuration poussée des eaux résiduaires par les boues activées. Afin que ceci ne se produise pas, il est nécessaire de maintenir le débit de recirculation 29, 30 des eaux chargées entre les zones terminale et initiale du premier étage 2 à un niveau déterminé, correspondant à la quantité augmentée de polluants organiques arrivant au traitement. Ceci est obtenu par admission supplémentaire de gaz oxygéné 28, en quantité telle que la structure hydrodynamique du flux de milieu bactérien reste proche du régime de mélange total, et que les concentrations en boues activées, polluants organiques et oxygène dissous restent pratiquement constantes suivant la longueur du premier étage 2 d'épuration.

Dans certaines périodes de marche, quand l'arrivée accrue d'eaux résiduaires atteint les valeurs maximales, l'augmentation de la concentration en boues activées au premier étage d'épuration jusqu'à 4 g/l sera insuffisante pour le maintien de la proportion entre les polluants organiques et les boues activées à une valeur optimale. Cela peut se produire, par exemple, quand la charge en polluants organiques augmente non pas de 2 fois, mais de 3. Pour que la qualité d'épuration des eaux résiduaires dans les conditions d'une arrivée maximale reste élevée, de pair avec l'aération du débit de recirculation 29, 30, on soumet à une aération supplémentaire 31 (figure 4) par le gaz oxygéné le débit de recirculation 32, 33 de milieu bactérien 8 de la zone terminale du premier étage 2 au régénérateur 6 et du régénérateur 6 à la zone initiale du premier étage, respectivement, où l'on admet une partie 34 des eaux résiduaires arrivant au traitement. La partie restante 35 des eaux résiduaires est admise au premier étage d'épuration. Grâce à l'homogénéisation réciproque des flux de boues activées régénérées à concentration de 8 g/l venant des régénérateurs, et de milieu bactérien, la concentration de travail en boues activées au premier étage d'épuration est en moyenne de 6 g/l. Ceci indique que la mise en oeuvre des artifices de traitement indiqués assure le maintien du rapport entre les polluants organiques apportés et les boues activées à un niveau optimal dans les conditions d'une variation rapide de la charge de traitement d'au moins trois fois, ainsi que l'introduction supplémentaire de la quantité d'oxygène dissous nécessaire au bon déroulement de l'action des microorganismes aérobies.

La recirculation organisée des débits 29, 30, 32, 33 de milieu bactérien de valeurs variables de la zone terminale du premier étage 2 de traitement à la zone initiale est le moyen le plus simple au point de vue technique et,

en même temps, le plus efficace pour la commande du processus d'épuration des eaux résiduaires dans le bassin à boues activées. Un tel système assure dans la zone initiale, qui est la zone la plus chargée du premier étage, non seulement la dilution hydraulique des eaux résiduaires arrivant à l'épuration par les eaux résiduaires épurées, mais aussi leur dilution biologique par les puissants débits de recirculation 29, 30, 32, 33 de boues activées fraîches. Pour assurer des conditions favorables au déroulement du processus d'oxydation biologique des polluants organiques dans une plage étendue de variation de la charge de traitement, le gaz oxygéné pour l'aération supplémentaire 28, 31 est admis en quantité assurant, entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit 1 d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration, un rapport compris sensiblement entre 3 et 10.

La limite inférieure du rapport entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration, ou bien du rapport R de recirculation non dimensionnel, peut être illustrée à l'aide des diagrammes représentés sur la figure 5. En ordonnées on a porté les valeurs non dimensionnelles du critère de diffusion  $D/UL$ , caractérisant la structure hydrodynamique du flux de milieu bactérien, D étant le coefficient de diffusion en  $m^2/s$ , U, la vitesse du flux en m/s, et  $l$ , la dimension linéaire du bassin en m. Le diagramme obtenu expérimentalement fait apparaître que, quand  $D/UL \gg 0,5$ , le régime se rapproche bien du régime de mélange total dans le flux de milieu bactérien, dès que R se rapproche de 3.

En cas d'épuration d'eaux résiduaires urbaines ou d'eaux résiduaires industrielles qui leur sont proches en composition, une valeur du paramètre R comprise entre 3 et 5 est d'ordinaire suffisante pour fournir au traitement, pendant la période de charges accrues, la

quantité supplémentaire d'oxygène, qui est introduite par le milieu bactérien en recirculation.

5 La valeur maximale du paramètre  $R=10$  est valable pour le cas de l'épuration d'eaux résiduaires fortement concentrées ( $DBO > 1000 \text{ mg/l}$ ), quand l'objectif déterminant est l'introduction, dans la zone initiale du premier étage d'épuration, d'une quantité supplémentaire d'oxygène dissous excluant la limitation des fonctions respiratoires des microorganismes se trouvant dans les boues activées.

10 Etant donné que la plage de fluctuations possibles de l'arrivée accrue d'eaux résiduaires se situe entre 1,3 et 3 fois le débit moyen, les parties en excès 27,34 du débit total d'eaux résiduaires 1 admises au prémélange avec les boues régénérées 3,4 (figures 3, 4), venant des régénérateurs 5,6, s'élèvent sensiblement à une valeur comprise entre 1/3 et 2/3 du débit total d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration.

20 Un tel artifice de traitement résout plusieurs problèmes à la fois: il facilite l'action des boues activées dans la zone initiale du premier étage, permet d'utiliser plus complètement l'oxygène (jusqu'à 10-12%) en régime d'aération supplémentaire 28,31, grâce à sa consommation accélérée par le mélange de boues activées régénérées et d'eaux résiduaires arrivant à l'épuration, adapte les boues activées aux charges de traitement.

25 Les eaux 36, 37 de boues se formant dans les épaisseurs 23, 24 au cours de l'épaississement des boues à recycler, par exemple par gravité, contiennent une quantité notable (jusqu'à 2 g/l) de matières en suspension difficilement décantables. Il est avantageux de les admettre au second étage 13 d'épuration et de les soumettre à une aération 14, ainsi que de retourner le débit 38,39 de boues activées, séparées en aval du second étage 13 d'épuration, pour le mélanger aux boues 19, 20, 25, 26 à

recycler allant à la régénération.

La concentration en boues activées au second étage 13 d'épuration s'élève à 1-1,5 g/l, ce qui permet, grâce à l'aération 14, non seulement d'améliorer les propriétés de sédimentation des boues activées avant leur admission dans le séparateur 16 du second étage, mais aussi de débarrasser les eaux résiduaires de certains polluants difficilement oxydables arrivant du premier étage 2 d'épuration.

La quantité totale de boues entraînée par les eaux 36, 37 de boues au second étage 13 d'épuration dépasse d'ordinaire la quantité de boues activées en excès 18 devant être évacuée. C'est pourquoi, dans les périodes d'arrivée accrue et maximale d'eaux résiduaires, l'évacuation des boues activées en excès 18 est provisoirement arrêtée, et les boues activées issues du séparateur 16 du second étage, à concentration de 8 à 12 g/l, en quantité égale à 0,1-0,2 du débit total d'eaux résiduaires, sont transmises au régénérateur 5 seulement ou aux deux régénérateurs 5,6, respectivement (figures 3,4). Ceci assure la mise en oeuvre de la quantité nécessaire de boues activées dans le système, et, de plus, dans la période des charges de pointe, contribue au maintien de concentrations plus fortes en boues activées au premier étage d'épuration.

Le bassin à boues activées, pour la mise en oeuvre du procédé d'épuration biologique d'eaux résiduaires par boues activées, faisant l'objet de l'invention, comprend un réservoir longitudinal de mélange 40 (figure 6) d'un premier étage, équipé de disperseurs 41 de gaz oxygéné et comportant une zone initiale et une zone terminale, lesquelles sont respectivement déterminées par les emplacements où se trouvent les dispositifs d'entrée des eaux résiduaires et des boues activées dans le réservoir et la sortie du milieu bactérien.

L'épuration biologique des eaux résiduaires s'effectue, par exemple, dans des réservoirs en béton armé, dans lesquels, au cours d'une aération continue par un gaz oxygéné admis à travers les disperseurs, les micro-organismes aérobies, dont le concentré est appelé "boues 5 activées", métabolisent les polluants organiques, en les adsorbant et en les oxydant partiellement par suite de leur activité d'organismes vivants. Dans les bassins à boues activées, le mélange d'eaux résiduaires et de boues 10 activées régénérées, dit "milieu bactérien", a une concentration de 1,5 à 2,5 g/l dans la période d'arrivée minimale des polluants.

Afin de rétablir leur pouvoir oxydant, les boues à recycler d'une concentration de 4 à 7 g/l, obtenues à 15 l'issue de la séparation de l'eau de boues d'avec le milieu bactérien, sont d'abord admises dans un régénérateur. Dans le régénérateur, qui est aéré en continu, les polluants adsorbés par les floccs de boues activées sont oxydés, ce qui assure le rétablissement des propriétés initiales des 20 boues et leur transformation en boues activées régénérées, qui sont réadmisses dans le bassin. Les boues activées régénérées sont ainsi mises en contact avec une nouvelle portion d'eaux résiduaires arrivant au traitement, et le processus d'oxydation biologique des polluants organiques 25 se répète.

Les dispositifs d'entrée des eaux résiduaires dans le réservoir 40 comprennent un chenal 42 de distribution des eaux résiduaires avec un volet tournant 43, des orifices centraux 44 et des orifices latéraux 45 et 46 30 disposés plus haut que les orifices 44. La sortie de milieu bactérien pour sa séparation en boues à recycler et eaux de boues s'effectue à travers une cloison 47 d'apaisement et un déversoir 48, qui communique avec un séparateur 49 de boues. La fonction du séparateur 49 est 35 de séparer les boues à recycler d'avec le milieu bactérien.

Il est prévu pour une durée de séjour de 15 à 20 min.  
Le séparateur 49 comporte une sortie d'eaux résiduaires  
épurées à concentration en matières en suspension jusqu'à  
0,5 g/l, analogue à la sortie de milieu bactérien,  
5 c'est-à-dire constituée par un déversoir 50 et une cloison  
51 d'apaisement, le déversoir étant mis en communication  
avec un réservoir à déplacement 52, 53 du second étage,  
qui est équipé de disperseurs 54, 55 de gaz oxygéné, de  
cloisons longitudinales 56, 57 le divisant en couloirs 58,  
10 59 d'écoulement, ainsi que d'un séparateur de boues  
(non représenté par convention sur la figure 6).

L'épuration à deux étages permet d'exécuter l'épura-  
tion biologique totale d'eaux résiduaires fortement concen-  
trées, contenant des polluants difficilement oxydables,  
15 grâce à leur oxydation complémentaire par des microorga-  
nismes de nature déterminée propres à chacun des étages  
d'épuration.

La sortie 60 de boues à recycler du séparateur 49  
communique avec une chambre 61 de régénération, comportant  
20 des disperseurs 62 de gaz oxygéné. La sortie 63 de la  
chambre 61 communique avec le dispositif d'entrée de boues  
activées régénérées dans le réservoir 40 du premier étage.  
Le dispositif d'entrée de boues activées régénérées  
comprend une chicane haute 64 (figure 7) et un seuil 65.

25 En outre, le bassin à boues activées est équipé d'un  
épaississeur 66 (figure 6) de boues, destiné à accroître  
la concentration d'une partie des boues activées à  
recycler séparées par le séparateur 49. La séparation  
du débit de boues allant à la régénération en deux  
30 parties, dont l'une est épaissie additionnellement avant  
la régénération, permet de réduire la durée de séparation  
des boues à recycler d'avec le milieu bactérien à 15-20  
min, au lieu des 60-90 min ordinairement nécessaires, ce  
qui réduit à un minimum la durée de leur séjour dans des  
35 conditions anaérobies et contribue à la conservation de leur

activité. Dans ce cas, la concentration moyenne des boues activées allant à la régénération peut être portée jusqu'à 4,5-5 g/l, ce qui, à son tour, accroît l'efficacité d'utilisation des régénérateurs et du gaz oxygéné et augmente la concentration moyenne en boues activées dans le système du premier étage d'épuration jusqu'à 2,5-3 g/l. De la sorte, il devient possible d'assurer le maintien du rapport entre, d'une part, les polluants organiques des eaux résiduelles arrivant à l'épuration et, d'autre part, les boues activées, à une valeur optimale constante, ainsi que la stabilité du système en présence de fluctuations des charges de traitement.

L'épaississeur 66 de boues a une entrée 67 communiquant avec la sortie 68 de boues à recycler du séparateur 49, et des sorties 69, 70, respectivement, pour les boues à recycler et pour les eaux de boues, la première étant en communication avec l'entrée de la chambre de régénération, et la seconde, avec l'entrée du réservoir à déplacement du second étage. Les eaux clarifiées provenant de l'épaississement supplémentaire des boues activées à recycler sont dites "eaux de boues" et contiennent une quantité notable de matières en suspension (jusqu'à 2 g/l), qui est évacuée au second étage d'épuration.

D'autre part, le bassin à boues activées est équipé d'une préchambre 71, comportant des disperseurs 72 d'air comprimé. Cette préchambre 71 est branchée entre la sortie 63 de la chambre 61 de régénération et le dispositif d'entrée des boues activées dans le réservoir 40 du premier étage, comportant une chicane haute 64 (figure 7) et un seuil 65. De plus, la chambre 61 (figure 6) de régénération communique avec le réservoir 40, dans sa zone terminale, par un canal 73 de circulation.

La charge en polluants organiques sur les ouvrages d'épuration est irrégulière pendant le jour, et l'irrégularité est constituée de deux composantes: l'irrégularité

de la quantité d'eau arrivant à l'épuration et l'irrégularité de la concentration en polluants. Dans des périodes déterminées de fonctionnement des bassins à boues activées (d'ordinaire le matin et le soir), les charges de traitement dépassent les valeurs moyennes de 3 à 5 fois. Dans les conditions de fluctuations brusques de la charge, les boues activées, qui sont extrêmement sensibles aux surcharges, perdent leurs propriétés oxydantes, leur décantabilité, ce qui se traduit par une baisse de la qualité des eaux épurées. Afin d'assurer la stabilité de la qualité d'épuration, il est nécessaire de surdimensionner les ouvrages. De plus, l'intensité d'aération est déterminée en partant des conditions de la charge maximale, aussi, dans les périodes de charges réduites, l'intensité d'aération est-elle bien plus grande que celle requise. Il s'ensuit des dépenses improductives d'énergie électrique, la fragmentation des floccs de boues activées et, par conséquent, l'augmentation de la quantité de matières en suspension entraînées hors du bassin et la formation de mousse.

Pour lever les contradictions entre la charge à variations dynamiques et l'inertie de réaction de l'ouvrage, il faut commander le processus d'épuration, c'est-à-dire intervenir en temps réel sur la quantité d'oxygène dissous, la concentration en boues activées et la structure hydrodynamique du flux.

La préchambre prélève le milieu bactérien à la zone terminale du bassin à boues activées, le sature en oxygène dissous et le restitue à la zone initiale, la plus chargée, du bassin, et assure en outre une épuration biologique primaire d'une partie du débit d'eau résiduaires arrivant au bassin à boues activées, quand la valeur de ce débit est accrue.

Le système d'aération assurant le fonctionnement de la préchambre est dit "supplémentaire", alors que le système d'aération du bassin à boues activées fonctionnant en

permanence, prévu pour la charge minimale, est dit "de base".

Il est avantageux que le séparateur de boues du second étage (non représenté par convention sur la figure 6) soit mis en communication par sa sortie de boues activées avec l'entrée 74 de la chambre 61 de régénération.

La possibilité d'admettre dans la chambre 61 de régénération les boues activées provenant du séparateur du second étage assure le maintien de la concentration nécessaire en boues activées au premier étage d'épuration dans les périodes de charges maximales. Par suite du métabolisme des microorganismes des boues activées, on observe leur accroissement, dit "boues activées en excès". L'artifice venant d'être décrit assure le rapport nécessaire entre les boues activées circulant dans le système d'épuration et les boues activées en excès devant être extraites du système pour leur valorisation ultérieure.

Le bassin à boues activées conforme à l'invention comprend une cuve longitudinale 75 ouverte à sa partie supérieure, partagée par une cloison transversale 76 en deux compartiments. Des cloisons longitudinales 77 et 78, placées dans le premier compartiment, forment suivant l'axe longitudinal de la cuve 75 le réservoir 40 du premier étage, à l'intérieur duquel sont montés des disperseurs 41 de gaz oxygéné.

Les cloisons longitudinales 77 et 78 forment avec les parois de la cuve 75 les chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération, respectivement.

Les chambres 61 et 79 de régénération sont situées de part et d'autre du réservoir 40 du premier étage et comportent des cloisons transversales principale et supplémentaire 80 et 81, respectivement, partageant les chambres 61 et 79 de régénération en cellules. Dans les cellules sont disposés des disperseurs 62 et 82 de gaz oxygéné, principaux et supplémentaires respectivement.

Après de la zone initiale du réservoir 40, à l'exté-  
rieur des cloisons longitudinales 77 et 78, sont prévues  
des cloisons principales longitudinale et transversale 83  
et 84, respectivement, et des cloisons supplémentaires  
5 longitudinale et transversale 85 et 86, respectivement, qui  
forment les préchambres principale et supplémentaire 71  
et 87, respectivement, mises respectivement en communica-  
tion avec les chambres principale et supplémentaire 61 et  
79 de régénération par les chicanes hautes principale  
10 et supplémentaire 88 et 64, ainsi qu'avec le réservoir 40  
par les seuils principal et supplémentaire 89 et 65. Les  
préchambres principale et supplémentaire 71 et 87 sont  
équipées de disperseurs principaux et supplémentaires 72  
et 90, respectivement.

15 Dans le diagramme réel des fluctuations de la charge  
sur les ouvrages d'épuration au cours des heures du jour,  
on peut distinguer trois périodes: de charge minimale  
jusqu'à 2000 g DBO/m<sup>3</sup>.j, de charge accrue jusqu'à 5000 g  
DBO/m<sup>3</sup>.j, et de charge maximale, dépassant 5000 g DBO/m<sup>3</sup>.j.  
20 La commande de l'action oxydante du bassin à boues acti-  
vées en fonction du diagramme des fluctuations de l'apport  
de polluants peut être réalisée en mettant en service suc-  
cessivement les préchambres principale et supplémentaire,  
les chambres principale et supplémentaire de régénération  
25 étant respectivement mises en service. Cet artifice permet  
d'obtenir des performances technico-économiques optimales,  
grâce à la diminution de la puissance d'oxydation du  
bassin à boues activées aux charges minimales, réalisée en  
faisant fonctionner le système d'aération de base à son  
30 intensité minimale, suffisante pour maintenir les boues  
activées en suspension, et à l'accroissement de la puissance  
d'oxydation du bassin à boues activées aux charges accrues  
et maximales, réalisé en mettant successivement en service  
les préchambres principale et supplémentaire.

Dans le second compartiment, le long de son axe, est installé un séparateur 49 de boues, par exemple horizontal, du type à gravité, mis en communication avec le réservoir 40 du premier étage par le déversoir 48 et la cloison 47 d'apaisement, et formant avec les parois du second compartiment le réservoir 52, 53 du second étage, équipé de disperseurs 54, 55 de gaz oxygéné.

Après de la cloison transversale 76 de la cuve 75 sont montés des épaisseurs 66 (figure 8) et 91 de boues principale et supplémentaire, par exemple verticaux, du type à gravité.

Le séparateur 49 est équipé d'"airlifts" 92, qui mettent les trémies à boues 93 du séparateur 49 en communication avec les chenaux 94 et 95 d'évacuation des boues, de cloisons d'apaisement 47 (figure 9), 51 (figure 6) et de déversoirs 48 (figure 9), 50 (figure 6).

Les épaisseurs principal et supplémentaire 66 (figure 8), 91 ont des fonds coniques 96, 97, respectivement, et sont équipés de tubes centraux 98 et 99, de tubulures 100 et 101 de déversement, raccordées respectivement aux chenaux 94 et 95 d'évacuation des boues du séparateur 49 et introduites dans les tubes centraux 98 et 99 des épaisseurs 66 et 91, de moyens d'ascension à l'air ("airlifts") 102 (figure 6) et 103 de boues à recycler de concentration accrue, mis respectivement en communication avec les chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération, et de chenaux périphériques 104 et 105, mettant les épaisseurs 66 et 91 en communication avec le réservoir 52, 53 du second étage.

La conception adoptée pour le séparateur de boues permet d'assurer une séparation uniforme des boues activées suivant la longueur de l'ouvrage, diminue les frais d'exploitation liés au ramassage du dépôt, grâce au renoncement aux appareils mécaniques de raclage, et augmente l'effet de clarification des eaux, du fait de l'absence de léviga-

tion du dépôt. En outre, les séparateurs et les épaisseurs de boues à gravité permettent de maintenir une haute concentration en boues activées dans le système sans dérangement de la structure du floc bactérien. L'utilisation de moyens d'ascension à l'air pour le transfert des boues activées séparées du séparateur à l'épaississeur, ainsi que des épaisseurs aux chambres de régénération, assure, de pair avec la fonction principale, la saturation des boues activées en oxygène dissous.

Il est à noter que les disperseurs 62 et 82 des chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération, ainsi que les disperseurs 41 du réservoir 40 du premier étage et les disperseurs 54 et 55 du réservoir 52, 53 du second étage, sont raccordés par des conduites 106 sous pression, affectées du même chiffre de référence du fait de leur fonction identique, aux soufflantes 107 du système d'aération de base, tandis que les disperseurs 72 et 90 des préchambres principale et supplémentaire 71 et 87 sont respectivement raccordées par des conduites 108 et 109 de pression aux soufflantes 110 et 111 d'aération supplémentaire. De plus, les disperseurs 72 et 90 sont raccordées aux soufflantes 107 du système d'aération de base par des tubes de liaison 112 et 113 comportant des clapets de non-retour 114 et 115.

En outre, le bassin à boues activées est équipé de chenaux latéraux 116 et 117 pour les eaux résiduaires, disposés à la périphérie du bassin et comportant des seuils 118 et 119 de débordement et des orifices 120 et 121 d'entrée, les mettant en communication avec la zone initiale des chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération, de chenaux latéraux 122 et 123 pour les boues épaissies, comportant des orifices 74 et 124 d'entrée, les mettant en communication avec la zone initiale des chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération, de parois verticales directrices 125 et 126, disposées

perpendiculairement à la cloison transversale 76, de façon à former des canaux de circulation 73 et 127, ainsi que de cloisons longitudinales 56 et 57, disposées dans le réservoir 52, 53 du second étage, qu'elles partagent en couloirs d'écoulement 58, 59, qui aboutissent à un orifice 128 de sortie.

L'agencement des principaux ouvrages dans une cuve unique permet de réduire la consommation de matériaux de construction et les besoins en terrains pour la construction, grâce à une utilisation étendue de cloisons mitoyennes, à la réduction de la longueur des dispositifs de distribution et des dimensions des dispositifs d'entrée; la liaison des chambres de régénération et des préchambres avec le réservoir à mélange du premier étage d'épuration, assurant leur fonctionnement suivant le principe des vases communicants dans la période de charges accrues, permet de réduire à un minimum les frais de recirculation du milieu, de préserver son activité et sa structure; la disposition relative du séparateur de boues et des épaisseurs de boues diminue les frais de transfert des boues activées épaissies à recycler, réduit à un minimum la durée de leur séjour dans des conditions anaérobies (sans arrivée d'oxygène), et l'utilisation de moyens d'ascension à l'air en tant qu'appareils de transfert permet de conserver la structure du floc bactérien et d'accroître son activité grâce à la saturation supplémentaire en oxygène.

Le bassin à boues activées faisant l'objet de l'invention fonctionne de la façon suivante.

Dans la période de charge minimale, allant jusqu'à 2000 g DBO/m<sup>3</sup>.j, quand le volet tournant 43 est dans sa position intermédiaire, les eaux résiduaires arrivant dans le chenal 42 de distribution passent à travers les orifices centraux 44, dont le niveau est plus bas que celui des orifices latéraux 45 et 46 et qui sont prévus pour le passage continu du débit minimal, et entrent dans le bas-

sin de mélange 40 du premier étage, où elles se mélangent avec les boues activées arrivant des chambres 61 et 79 de régénération en passant par les préchambres 71 et 87, grâce à l'effet d'ascension à l'air. L'effet d'ascension à l'air est obtenu dans les préchambres 71 et 87 en admettant l'air du système d'aération de base, fourni par les soufflantes 107, aux disperseurs 62 et 82 desdites préchambres 71 et 87, via les tubes 112 et 113 de liaison. Les clapets 114 et 115 de non-retour, montés sur les tubes 112 et 113 de liaison, excluent l'éventualité du passage de l'air du système supplémentaire d'aération, alimenté par les soufflantes 110 et 111, au système de base, alimenté par les soufflantes 107, mais ne s'oppose pas à la circulation inverse de l'air.

Le milieu bactérien est aéré par les disperseurs 41 de gaz oxygéné, qui sont raccordés par les conduites 106 de pression du système d'aération de base aux soufflantes 107. Au cours de l'aération et du cheminement du mélange d'eaux résiduaires et de boues activées dans le réservoir 1 du premier étage, les microorganismes des boues activées effectuent l'oxydation biologique des polluants.

Dans le séparateur 49 de boues, recevant les eaux résiduaires biochimiquement épurées à travers la cloison 47 d'apaisement et le déversoir 48, et prévu pour une durée de décantation de 15 à 20 min, la masse principale des boues activées est recueillie dans les trémies 93 à boues, d'où elle est transmise par les moyens d'ascension à l'air 92 aux chenaux 94 et 95 d'évacuation des boues. Les boues arrivant dans les chenaux 94 et 95 vont aux tubes centraux 98 et 99 des épaisseurs principal et supplémentaire 66 et 91, respectivement en passant par les tubulures 100 et 101 de déversement.

Les boues activées à recycler de concentration accrue décantant sur les fonds coniques 96 et 97 des épaisseurs 66 et 91, prévus pour une durée d'apaisissement de 1 à 1,5

heure, y sont reprises par les moyens d'ascension à l'air 102 et 103 qui les transmettent aux chambres principale et supplémentaire 61 et 79 de régénération. Un tel mode d'épaississement des boues activées nécessite des volumes  
5 de 2 à 3 fois plus petits que dans le cas du procédé ordinaire par décanteurs secondaires, et une telle disposition relative du séparateur 49 et des épaisseurs 66 et 91 permet de diminuer la dépense d'énergie pour le transfert des boues à recycler. De surcroît, le contact à deux reprises  
10 des boues à recycler avec l'oxygène de l'air pendant leur transvasement par les moyens d'ascension à l'air exclut l'apparition de conditions anaérobies et contribue à leur épauissement.

L'eau clarifiée, contenant des boues activées à un  
15 taux égal à 10-20% de la concentration initiale, va au réservoir 52, 53 du second étage, auquel sont également admises les eaux de boues sortant par les chenaux périphériques 104 et 105 des épaisseurs principal et supplémentaire 66 et 91, respectivement. Dans le réservoir 52, 53 du second  
20 étage, les polluants restants subissent une oxydation biochimique complémentaire, et les propriétés de sédimentation des boues activées s'y améliorent, grâce au barbotage produit par les disperseurs 54 et 55 raccordés par les conduites de pression 106 à la soufflante 107 du système  
25 d'aération de base.

La suspension coagulée avec les eaux résiduares épurées passe par l'orifice 128 de sortie et va au second étage d'épuration, où les polluants restants subissent une oxydation complémentaire dans une concentration abaissée  
30 en boues activées (0,5 à 1,5 g/l), les boues activées sont séparées et l'excès de boues activées est évacué du système.

A ce régime de marche du bassin à boues activées, c'est-à-dire aux charges ne dépassant pas 2000 g DBO/m<sup>3</sup>.j, la concentration en boues activées dans l'ouvrage se situe  
35 entre 1,5 et 2,5 g/l, la concentration des boues à recycler étant de 6 à 7 g/l.

Les chambres 61 et 79 de régénération sont alimentées par les boues activées provenant du séparateur 49, à concentration de 4 à 6 g/l, et, en outre, par les boues activées épaissies provenant des épaisseurs 66 et 91, à concentration de 8 à 10 g/l, en quantité égale à 0,2-0,8 des boues à recycler du séparateur 49. Un tel rapport des débits de boues assure le maintien d'une concentration des boues activées de 6 à 10 g/l dans les chambres 61 et 79 de régénération, et de 1,5 à 2,5 g/l, dans le système.

Dans la période d'arrivée accrue d'eaux résiduaires, quand la charge sur le bassin atteint 5000 g DBO/m<sup>3</sup>.j, le volet tournant 43 occupe l'une des positions extrêmes. Le débit constant d'eaux résiduaires à travers la partie des orifices centraux 44 qui sont ouverts arrive dans le réservoir 40 du premier étage, tandis que la masse principale de l'eau passe par l'orifice latéral 45 ou 46 pour aller à la préchambre principale ou supplémentaire 71 ou 87, respectivement. Etant donné que la pression des eaux résiduaires à la partie des orifices centraux 44 fonctionnant à ce régime est plus grande, le débit d'eaux qu'ils admettent reste constant et égal au débit admis par tous les trous centraux 44 quand le niveau des eaux résiduaires est minimal dans le chenal 42 de distribution.

Quand le bassin fonctionne à ce régime, les soufflantes 110 ou 111 du système d'aération supplémentaire sont mises en action. L'air débité est transmis par les conduites de pression 106 aux disperseurs 72 ou 90 de la préchambre principale ou supplémentaire 71 ou 87.

Par suite de l'accroissement de la contre-pression dans le système d'aération supplémentaire, l'un des clapets de non-retour 114 et 115 en service, montés respectivement sur les tubes 112 et 113 de liaison, se ferme, en isolant l'un de l'autre les flux d'air du système d'aération de base et du système d'aération supplémentaire. Grâce à l'alimentation en air de la préchambre 71 ou 87 par les dis-

perseurs 72 ou 90, les eaux circulent de bas en haut et le mélange de boues régénérées et d'eaux résiduaires passant sous la chicane haute respective 64 ou 88 remonte à partir de la chambre principale ou supplémentaire 61 ou 79 de régénération vers le seuil 65 ou 89, et se déverse dans le réservoir 40 du premier étage. Le débit traversier du milieu bactérien passant par la cloison 47 d'apaisement et par le déversoir 48 du séprateur 49 de boues va à la clarification, tandis que le débit de recirculation du milieu bactérien, de 3 à 5 fois plus grand que le débit traversier, est transmis par le canal 73 ou 127 de circulation à la chambre principale ou supplémentaire respective 61 ou 79 de régénération.

Afin de réduire à un minimum les dépenses d'énergie pour engendrer le débit commandé de recirculation du milieu bactérien, quand le niveau des eaux dans la préchambre 71 ou 87 monte au-dessus du niveau de travail dans le réservoir 40 du premier étage de 0,1 à 0,5 m, le réservoir 40 et la chambre 61 ou 79 de régénération fonctionnent suivant le principe des vases communicants. Le pompage d'une quantité prédéterminée de milieu bactérien de la chambre 61 ou 79 de régénération au réservoir 40 du premier étage par l'intermédiaire de la préchambre respective 71 ou 87 conditionne le retour de la même quantité d'eaux de la fin du réservoir 40 à l'entrée de la chambre 61 ou 79 de régénération, ce qui engendre un débit de recirculation du milieu bactérien de 3 à 5 fois plus grand que le débit d'eaux résiduaires, avec une concentration des boues activées de 4,5 à 5 g/l, dans lequel l'oxydation biochimique des matières organiques est intensifié.

Pour augmenter le degré d'utilisation de l'oxygène jusqu'à 8-10%, c'est-à-dire de 1,5 fois quand une seule préchambre 71 ou 87 fonctionne, une partie du débit des eaux résiduaires, s'élevant à 1/3-1/6 du débit total, est admise directement à la préchambre, sans passer par le

réservoir 40.

Quand le système fonctionne à ce régime, l'excès de boues activées n'est pas évacué du second étage d'épuration, et les boues activées séparées au second étage d'épuration, à concentration de 8 à 12 g/l et en quantité égale à 0,1-0,2 du débit total d'eaux résiduaires, sont renvoyées à la zone initiale de la chambre principale ou supplémentaire 61 ou 79 de régénération, respectivement via le chenal latéral 122 ou 124 de boues épaissies, à travers les orifices d'entrée 74 ou 124. Dans ce cas, la concentration de travail en boues activées dans le système "réservoir du premier étage-chambre de régénération" atteint 4,5 à 5 g/l, ce qui maintient un rapport optimal entre la biomasse et le milieu nutritif dans les conditions d'une arrivée accrue d'eaux résiduaires. L'oxydation biochimique dans le flux aéré à concentration en boues activées de 4,5 à 5 g/l est intensifiée par la diminution temporaire de la grosseur du floc bactérien, par l'uniformisation de la charge sur la boue suivant la longueur du flux, ainsi que par l'augmentation du degré d'utilisation de l'oxygène d'air dans la préchambre, dans laquelle la masse principale des polluants initiaux des eaux résiduaires est rapidement métabolisée.

La recirculation organisée du mélange de boues de la zone terminale du réservoir du premier étage à sa zone initiale est le paramètre se prêtant techniquement le mieux au réglage pour la commande du processus biochimique dans les bassins à boues activées, permettant d'assurer non seulement une dilution hydraulique des eaux résiduaires arrivant à l'épuration, mais aussi leur dilution "biologique" par les boues activées fraîches.

Dans la période d'accroissement encore plus fort de la charge, atteignant des valeurs de 4 à 5 fois plus grandes que la valeur moyenne, le volet 43 occupe de nouveau sa position intermédiaire, le débit constant d'eaux

résiduaire arrive dans le réservoir 40 du premier étage en passant par les orifices centraux 44, tandis que la masse principale des eaux se répartit en quantités égales entre les deux préchambres 71 et 87.

5           Le basculement des clapets 114 et 115 de non-retour et le fonctionnement des préchambres 71 et 87 se déroulent d'une manière analogue. Le débit traversier de mélange bactérien va à la clarification, et le débit de recirculation du mélange bactérien, qui dépasse de 6 à 10 fois le  
10   débit traversier, passe par les canaux 73 et 127 de circulation et va aux chambres principale 61 et supplémentaire 79 de régénération. Dans ce cas, il se forme dans le système "réservoir 40 du premier étage et préchambres 71 et 87" deux flux aérés bouclés avec conservation des  
15   conditions d'intensification de l'oxydation biochimique des polluants organiques.

          La mise en oeuvre de la recirculation du mélange bactérien dans le bassin permet de réduire fortement la zone à quantité insuffisante d'oxygène dissous dans les  
20   eaux résiduaire et de réguler sa quantité dans les zones initiales, les plus chargées du bassin. Cela donne la possibilité de réduire l'intensité de l'aération de base et de la calculer en partant des conditions de charge minimale à la tête de l'ouvrage et du maintien des boues  
25   activées en suspension, c'est-à-dire de façon à conserver l'homogénéité du mélange bactérien suivant la hauteur du bassin. Quand la charge augmente, l'oxygène supplémentaire est introduit avec le mélange de recirculation, dont la quantité est commandée par variation du nombre  
30   de préchambres en service. Etant donné que la charge est calculée d'après la concentration en polluants à la tête de l'ouvrage, laquelle diminue lors de la recirculation, l'intensité maximale de l'aération supplémentaire est bien plus faible que dans le cas du calcul du bassin à  
35   boues activées ordinaires. L'augmentation du nombre de

préchambres en service est suivie d'une diminution des intervalles de temps au cours desquels s'effectue l'aération la plus intense et, par conséquent, d'une réduction de la quantité d'air admise à l'aération.

5            Afin d'augmenter le degré d'utilisation de l'oxygène jusqu'à 11-15%, c'est-à-dire de deux fois lors du fonctionnement des deux préchambres, une partie du débit d'eaux résiduaires, s'élevant aux 2/3 du débit total, est admise directement à la préchambre.

10            Quand le système marche à ce régime, les boues activées séparées au second étage d'épuration sont retournées par les chenaux latéraux 122 et 123 de boues épaissies aux deux chambres 61 et 79 de régénération, en quantité égale à 0,2-0,3 du débit total d'eaux résiduaires, avec  
15            une concentration de 8 à 12 g/l. Dans ce cas, la concentration moyennée de travail en boues activées dans le système "réservoir du premier étage - chambre principale de régénération" et "réservoir du premier étage - chambre  
20            supplémentaire de régénération" atteint 5,5 à 6,5 g/l, ce qui maintient le rapport optimal entre la biomasse et le milieu nutritif dans les conditions de la charge maximale.

              Dans les cas éventuels de dépassement de la charge maximale, le surplus d'eaux résiduaires franchit les seuils  
25            118 et 119 de débordement, s'écoule dans les chenaux latéraux 116 et 117 d'eaux résiduaires, passe par les orifices 120 et 121 d'entrée dans les cellules des chambres  
30            61 et 79 de régénération les plus éloignées des préchambres 71 et 87. Cet artifice permet de conserver le degré d'épuration des eaux résiduaires au niveau requis sans dépenses supplémentaires, grâce à l'augmentation de leur longueur moyenne de parcours.

              Les principales difficultés auxquelles se heurte l'obtention du régime optimal d'épuration biologique des  
35            eaux résiduaires dans un bassin à boues activées traditionnel

sont dues aux fortes fluctuations de la charge, faisant que la proportion entre les concentrations des eaux résiduaires en polluants, des boues activées et d'oxygène dissous n'est pas constant et s'écarte du niveau optimal.

5 Le dispositif revendiqué pour la mise en oeuvre du procédé d'épuration biologique, est exempt de cet inconvénient, ce qui permet d'utiliser au maximum le pouvoir oxydant des boues activées en présence de fluctuations pratiquement quelconques de la charge.

10 La figure 10 représente le diagramme de variation de la charge en fonction des heures du jours (courbe C), superposé au diagramme de fonctionnement des systèmes d'aération de base et supplémentaire (ligne brisée D). En ordonnées on a porté la charge en DBO et la quantité d'oxygène introduite, exprimée en unités relatives.

15 Le niveau inférieur de la ligne brisée D correspond au régime de marche du système d'aération de base, le niveau moyen de la ligne D correspond à la période d'arrivée accrue d'eaux résiduaires quand la préchambre principale est mise en action, et le niveau supérieur de la ligne D correspond à la période dans laquelle l'arrivée d'eaux résiduaires atteint les valeurs maximales et la préchambre supplémentaire est mise en action.

25 Plus la précision avec laquelle le diagramme de variation du pouvoir oxydant du bassin à boues activées s'inscrit dans le diagramme de la charge fluctuante sur le bassin est élevée, plus les dépenses improductives d'énergie électrique sont réduites et plus les performances technologiques et économiques du système d'épuration sont élevées. Ceci est obtenu par un choix approprié du nombre de préchambres en service et de leur débit.

30 Il est avantageux, aux heures des charges de pointe, de conjuguer à l'action de la préchambre principale celle

de la préchambre supplémentaire. Les périodes de mise en action des préchambres sont déterminées, par exemple, d'après les indications d'un limnimètre monté dans le chenal de distribution des eaux résiduaires, avec  
5 correction de leur fonctionnement d'après les indications d'un capteur d'oxygène dissous, monté aux points déterminants du réservoir du premier étage.

## R E V E N D I C A T I O N S

=====

1. Procédé d'épuration biologique d'eaux résiduaires, du type dans lequel celles-ci sont débarrassées des polluants organiques au moyen de boues activées et en deux étages, à savoir: un premier étage (2) où les eaux résiduaires (1) arrivant à l'épuration sont mélangées avec les boues activées (3, 4), le milieu bactérien ainsi obtenu est aéré, puis les boues à recycler (19, 20) sont séparées du milieu bactérien (8) dans la zone terminale de cet étage (2), régénérées (5, 6) et réadmisées dans la zone initiale de cet étage (2) pour être mélangées avec les eaux résiduaires (1) arrivant à l'épuration, et un second étage (13) où les eaux de boues (12) obtenues après séparation des boues à recycler (19, 20) du milieu bactérien sont aérées, puis débarrassées des restes de boues activées (18), caractérisé en ce que les boues à recycler admises à la régénération sont divisées en deux parties (19, 20) et (21, 22), la partie (19, 20) allant directement à la régénération, tandis que la partie (21, 22) est épaissie, puis mélangée avec la première partie (19, 20) des boues à recycler pour leur régénération simultanée, en faisant en sorte qu'audit premier étage (2) de l'épuration le rapport entre les polluants organiques des eaux résiduaires (1) arrivant à l'épuration et les boues activées (3, 4) reste constant .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie (21, 22) des boues à recycler qui est soumise à l'épaississement constitue sensiblement 0,2 à 0,8 de la masse totale des boues à recycler (19, 20, 25, 26) allant à la régénération.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, en cas d'arrivée accrue des eaux résiduaires (1), une partie (27, 34) des eaux résiduaires (1) arrivant au premier étage (2) est prémélangée avec les

boues activées régénérées (3, 4) allant au premier étage (2), et qu'une aération supplémentaire est effectuée par admission de gaz oxygéné, puis le milieu bactérien obtenu est mélangé avec le reste (35) des eaux résiduaires allant à la zone initiale du premier étage (2), et, après le traitement au premier étage (2), une partie (29, 32) du milieu bactérien est ramenée de la zone terminale à la zone initiale du premier étage (2) en la mélangeant avec les boues à recycler allant à la régénération, la quantité de gaz oxygéné (28, 31) admise pour l'aération supplémentaire étant choisie de manière à assurer un brassage longitudinal énergique du milieu bactérien du premier étage (2) par recirculation de ce milieu entre la zone terminale et la zone initiale du premier étage (2).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la quantité de gaz oxygéné admise pour l'aération supplémentaire est choisie de manière que le rapport entre le débit de recirculation du milieu bactérien et le débit des eaux résiduaires (1) arrivant à l'épuration se situe essentiellement dans une plage de 3 à 10.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que le débit (27, 34) des eaux résiduaires allant au prémélange avec les boues régénérées (3, 4) est essentiellement compris entre  $1/3$  et  $2/3$  du débit des eaux résiduaires arrivant à l'épuration.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les eaux de boues (36, 37) se formant par suite de l'épaississement d'une partie des boues de recyclage (21, 22) allant à la régénération sont admises au second étage (13) et soumises à l'aération, et que les boues activées (38, 39) séparées après le second étage (13) sont mélangées avec les boues (19, 20, 25, 26) recyclées à la régénération.

7. Bassin à boues activées pour l'épuration biologique

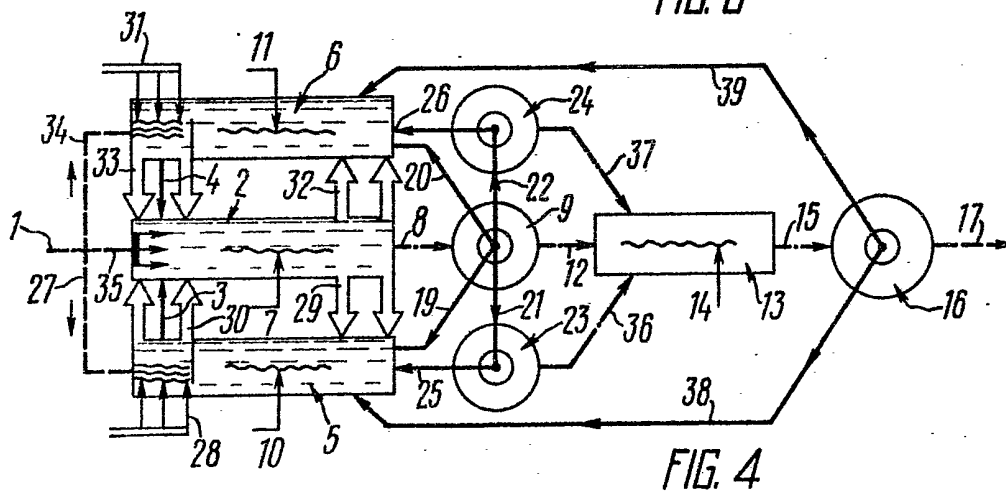
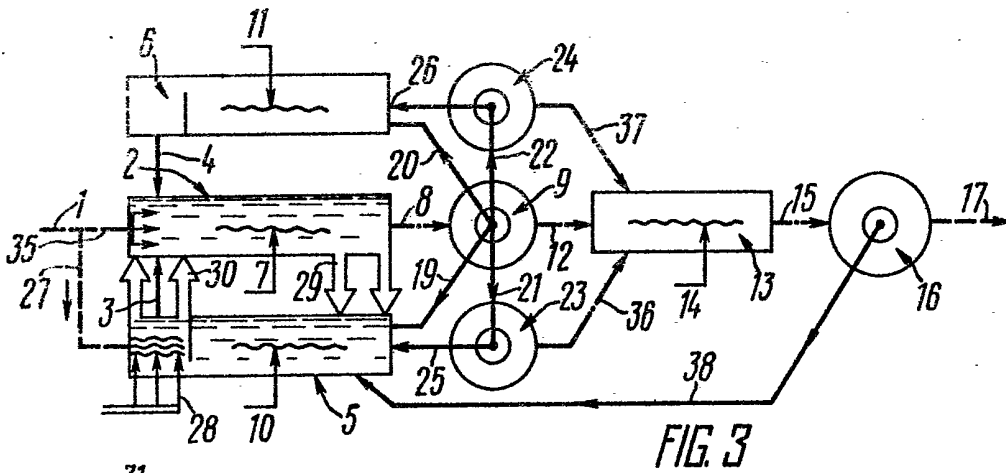
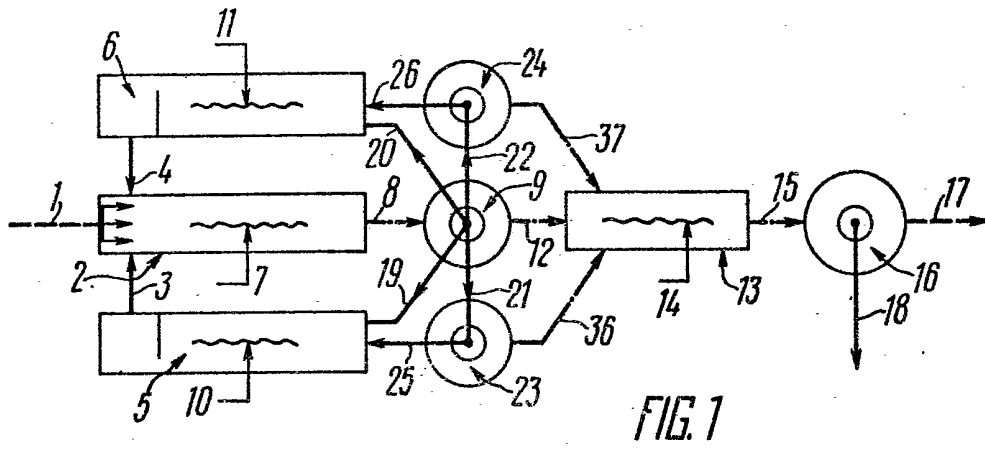
d'eaux résiduaires, du type comprenant un réservoir longitudinal de mélange (40) d'un premier étage d'épuration (2), équipé de disperseurs de gaz oxygéné (41) et comportant une zone initiale dans laquelle sont disposés des dispositifs (42, 43, 44, 45, 46) d'entrée des eaux résiduaires (1) et des boues activées (3, 4) dans le réservoir (40), ainsi qu'une zone terminale dans laquelle se trouve une sortie pour le milieu bactérien, mise en communication avec un séparateur de boues (49) adapté pour séparer du milieu bactérien les boues de recyclage, ce séparateur (49) comportant une sortie (50, 51) pour les eaux résiduaires épurées, mise en communication avec un réservoir à déplacement (52, 53) d'un second étage d'épuration, équipé de disperseurs de gaz oxygéné (54, 55) et d'un séparateur de boues (9), ainsi qu'une sortie (60) pour les boues à recycler, mise en communication avec une chambre de régénération (61) comportant des disperseurs de gaz oxygéné (62), la sortie (63) de cette chambre étant mise en communication avec un dispositif (64, 65) d'entrée des boues activées régénérées dans le réservoir (40) du premier étage, caractérisé en ce qu'il est équipé d'un épaisseur de boues (66) adapté pour accroître la concentration des boues de recyclage et comportant une entrée (67) mise en communication avec la sortie (68) des boues de recyclage du séparateur de boues (49), ainsi que deux sorties (69, 70), la sortie (69) des boues de recyclage étant mise en communication avec l'entrée de la chambre de régénération (61), et la sortie (70) des eaux de boues, avec l'entrée du réservoir à déplacement (52) du second étage.

8. Bassin à boues activées selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il est équipé d'une préchambre (71) comportant des disperseurs (72) d'air équipé et intercalée entre la sortie (63) de la chambre de régénération (61) et le dispositif (64, 65) d'entrée des boues activées dans le réservoir (40) du premier étage, cette préchambre (71) étant mise en communication avec le dispositif (45)

d'entrée des eaux résiduaires dans le réservoir (40) du premier étage, et la chambre de régénération (64) étant mise en communication avec la zone terminale du réservoir (40) du premier étage.

- 5           9. Bassin à boues activées selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que la sortie des boues activées du séparateur de boues (16) du second étage est mise en communication avec l'entrée (74) de la chambre de régénération (61).
- 10           10. Bassin à boues activées selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend une cuve longitudinale (75) ouverte à sa partie supérieure, partagée par une cloison transversale (76) en deux compartiments, dans le premier desquels sont placées des cloisons longitudinales
- 15 (77, 78) qui forment, suivant l'axe longitudinal de la cuve (75), le réservoir (40) du premier étage, à l'intérieur duquel sont montés les disperseurs de gaz oxygéné (41), et qui forment en outre, avec les parois de la cuve (75), la chambre principale de régénération (61) et une chambre
- 20 supplémentaire de régénération (79) situées de part et d'autre du réservoir (40) du premier étage et comportant des cloisons transversales (80, 81) les partageant en cellules, dans chacune desquelles est placé un disperseur de gaz oxygéné (62, 82), ainsi que des cloisons longitudinales
- 25 et transversales (83, 84, 85, 86) disposées auprès de la zone initiale du réservoir (40), à l'extérieur des cloisons longitudinales (77, 78), de façon à former une préchambre principale (71) et une préchambre supplémentaire (87) mises en communication avec les chambres principale et
- 30 supplémentaire de régénération (61, 79) par des chicanes hautes (64, 88), et avec le réservoir (40), par des seuils (65, 89), et équipées de disperseurs de gaz oxygéné (72, 90), tandis que dans le second compartiment est monté, suivant l'axe de celui-ci, un séparateur de boues

(49) horizontal, du type à gravité, mis en communication avec le réservoir (40) du premier étage par un passage siphonide (47, 48) et formant avec les parois dudit second compartiment le réservoir (52, 53) du second étage, des  
5 épaisseurs de boues verticaux (66, 91), du type à gravité, étant montés auprès de la cloison transversale (76) de la cuve (75) et mis en communication avec les chambres principale et supplémentaire de régénération (61, 79), le séparateur de boues (49) étant équipé de moyens d'ascension à l'air  
10 (92) pour l'amenée (94, 95) des boues de recyclage, de concentration accrue, dans les chambres principale et supplémentaire de régénération (61, 79).



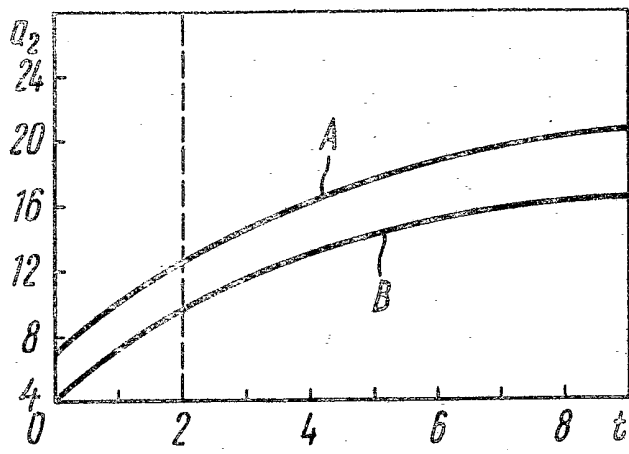


FIG. 2

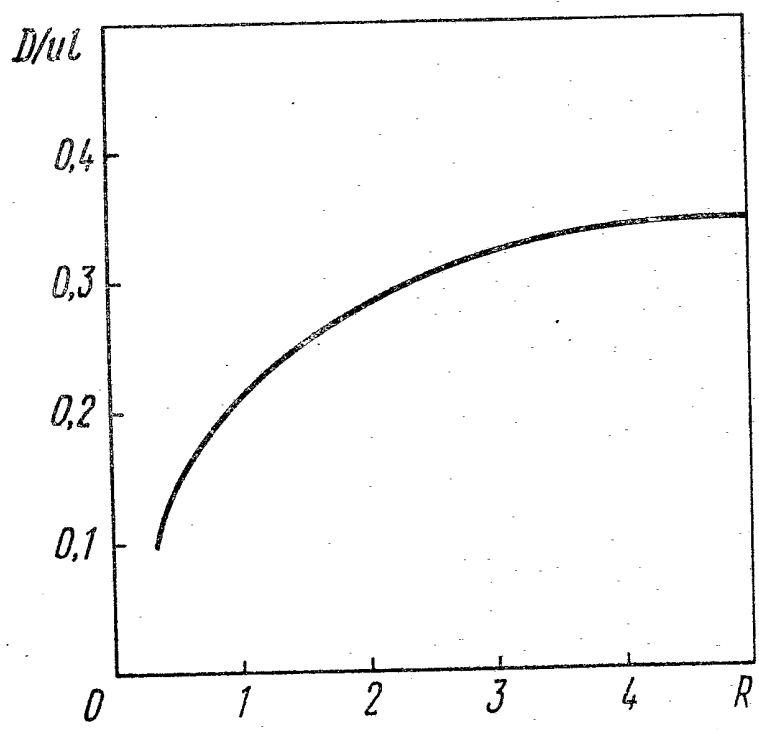
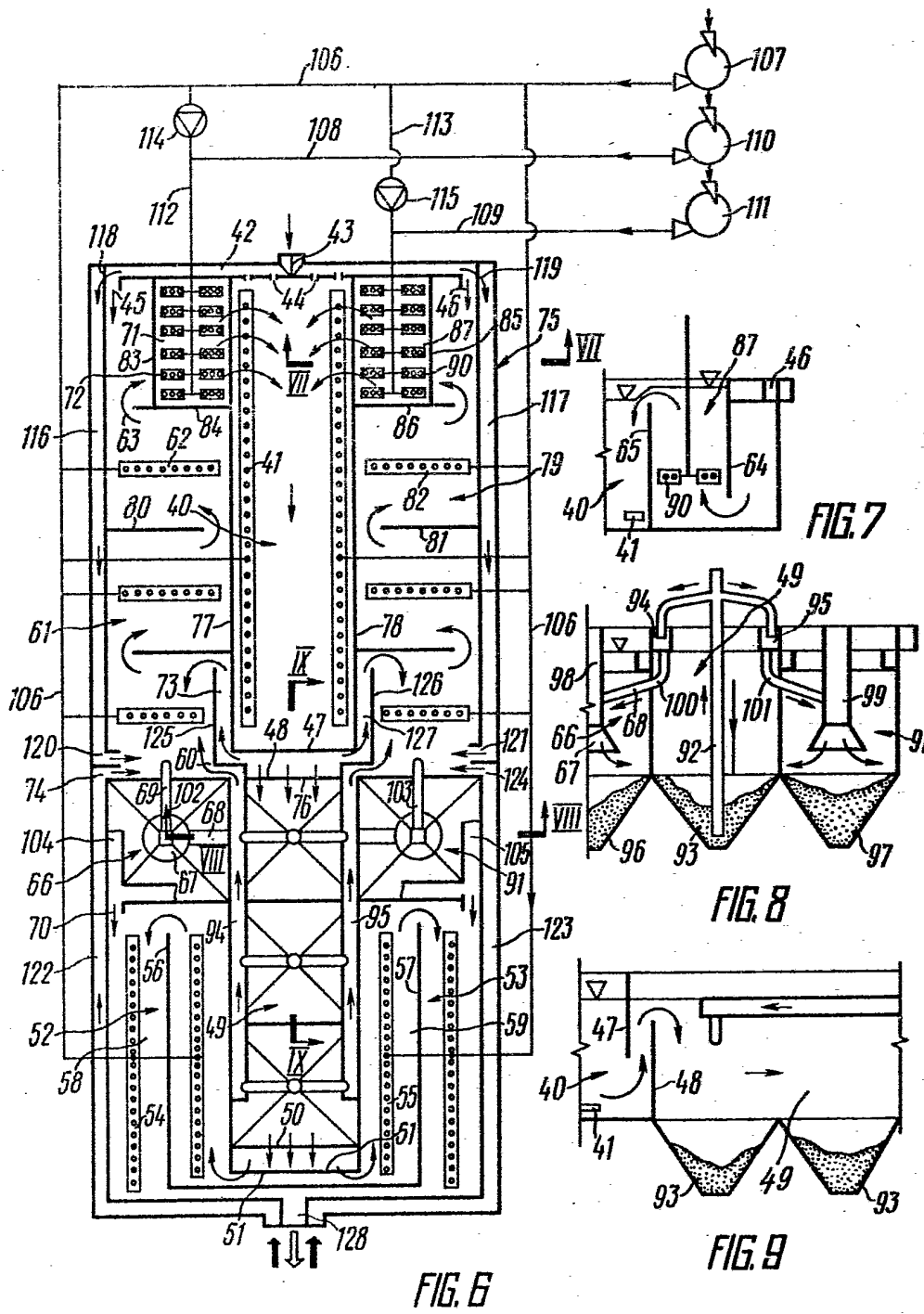


FIG. 5



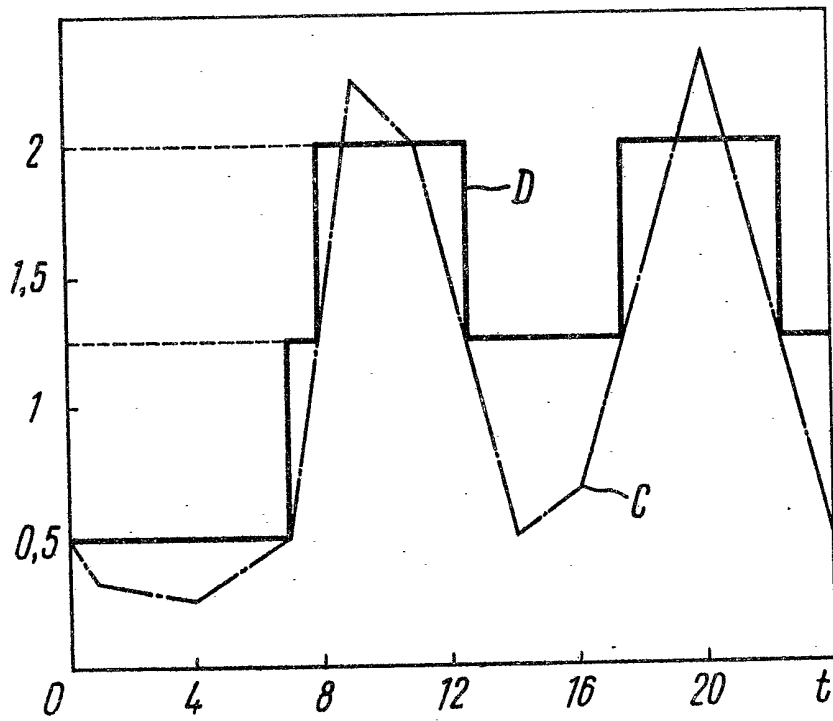


FIG. 10