

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.11.00.

30 Priorité : 13.12.99 DE 19960071.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.06.01 Bulletin 01/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : ENVICON KLARTECHNIK VERWAL-
TUNGSGESELLSCHAFT MBH Gesellschaft mit bes-
chränkter Haftung — DE.

72 Inventeur(s) : BASTRFELD HANS JOACHIM et
CHROMIK REINER.

73 Titulaire(s) :

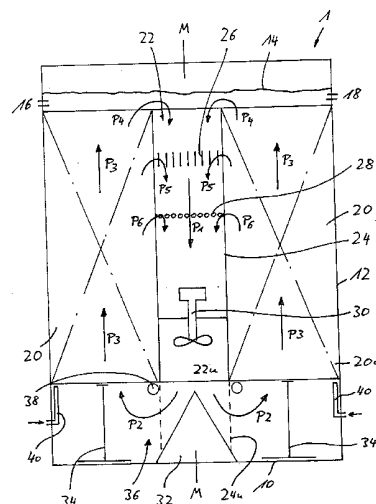
74 Mandataire(s) : GERMAIN ET MAUREAU.

54 ENCEINTE REACTIONNELLE POUR LA DENITRIFICATION DES EAUX USEES.

57 La présente invention concerne une enceinte réac-
tionnelle pour la dénitrification des eaux usées.

Cette enceinte comporte une arrivée (16) et une évacuation (18) des eaux usées; un lit fixe (20) est traversé dans toutes les directions par les eaux usées grâce à un espace libre (22) qui s'étend sur toute sa hauteur, et à un dispositif (30) de circulation forcée des eaux usées vers le fond (10).

L'invention permet d'alimenter la biomasse en continu avec un substrat dépourvu d'oxygène, ce qui accélère la dénitrification tout en réduisant la sédimentation des boues.



La présente invention concerne une enceinte réactionnelle pour la dénitrification des eaux usées.

La dénitrification, c'est-à-dire la réduction de nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$) en azote élémentaire (N_2), est un processus réducteur qui suppose des conditions anoxiques des eaux usées. Il ne doit pas y avoir d'oxygène dissous dans les eaux usées. Dans le même temps, il doit y avoir des substrats organiques biodégradables en tant que donneurs de H.

10 Pour assurer une élimination aussi complète que possible de l'azote à partir des eaux usées, celle-ci se fait généralement en deux étapes. Dans la première étape, la nitrification, l'azote essentiellement présent sous la forme d'ammonium est oxydé en nitrate. Elle est suivie
15 par la dénitrification décrite.

Du fait de la forte demande en oxygène lors de la nitrification et de l'absence nécessaire d'oxygène lors de la dénitrification, ces deux étapes sont séparées du point de vue de la technique de procédé.

20 Une possibilité de procédé consiste en une dénitrification réalisée avant la nitrification. Cette variante est avantageuse dans la mesure où des éléments organiques contenus dans les eaux usées, par exemple des composés d'hydrocarbures (souvent le méthanol), sont
25 simultanément dégradés, formant ainsi, outre de l'azote et de l'eau, également des hydrogénocarbonates qui neutralisent partiellement l'acide (H^+) formé au cours de la nitrification, ce qui a un effet favorable sur une nitrification ultérieure. Toutefois, il est nécessaire
30 pour cela de recycler des eaux usées riches en nitrates de la fin de la nitrification vers la dénitrification.

Dans "Korrespondenz Abwasser, fascicule 2/88, 120",

Schlegel décrit l'utilisation d'éléments à lit fixe immergés pour la nitrification. En dessous du lit fixe, qui peut être entièrement traversé par le flux d'eaux usées, sont disposés des aérateurs qui répartissent de
5 l'air sur la surface de base du lit fixe, l'air traversant ensuite le lit fixe de bas en haut. Grâce à cette aération, dans le cadre de la nitrification, la biomasse présente sur les surfaces du lit fixe est alimentée en oxygène et, en même temps, l'épaisseur du
10 biofilm, également appelé film ou pellicule biologique, est contrôlée et un mélangeage intime du réacteur est assuré.

Il est évident que ce procédé ne peut pas être employé pour la dénitrification, car celle-ci s'effectue
15 seulement en l'absence d'oxygène dissous.

Un procédé à lit fixe pour la réduction simultanée de la demande biologique et chimique en oxygène a été décrit dans le brevet DE 43 39 630 C1 pour la nitrification et la dénitrification des eaux usées. Dans
20 ce procédé, dans un premier temps, on aère le réacteur jusqu'à réaliser la nitrification et, dans un deuxième temps, on l'alimente de nouveau en eaux usées, l'aération étant au moins partiellement stoppée pendant ce deuxième temps. Concrètement, on décrit pour cela un réacteur qui
25 se compose de plusieurs réacteurs partiels, disposés à la suite les uns des autres au sens de la technique des fluides, qui sont utilisés par intervalles pour la nitrification ou pour la dénitrification, respectivement.

Le résultat est que le procédé connu fonctionne de
30 manière discontinue.

Le problème à résoudre par l'invention est de proposer une possibilité simple pour une dénitrification optimisée des eaux usées dans un procédé mis en œuvre le plus possible en continu.

En l'occurrence, l'invention part d'un réacteur à lit fixe qui, du point de vue de sa construction, est adapté aux exigences spécifiques d'une dénitrification.

Ici, l'idée de base consiste à produire à l'intérieur de l'enceinte de réaction un flux en boucle (un circuit) pour les eaux usées. Par conséquent, les eaux usées doivent circuler en circuit fermé à travers le lit fixe. Le but ainsi poursuivi est d'alimenter de manière continue en substrat dépourvu d'oxygène la biomasse qui colonise la surface du lit fixe. De cette manière, d'une part la dénitrification est accélérée, et d'autre part l'épaisseur du film biologique (la biomasse) est contrôlée. En même temps, la sédimentation de boues au fond de l'enceinte réactionnelle est au moins réduite du fait du flux circulant des eaux usées.

Concrètement, l'invention propose dans son mode de réalisation le plus simple une enceinte réactionnelle pour la dénitrification des eaux usées qui présente les caractéristiques suivantes :

- 20 - une arrivée d'eaux usées,
- une évacuation d'eaux usées,
- au moins un élément à lit fixe pouvant être traversé par le flux d'eaux usées dans toutes les directions du système de coordonnées,
- 25 - l'élément à lit fixe est formé et disposé dans l'enceinte réactionnelle de telle sorte que
 - il se termine à une certaine distance du fond de l'enceinte réactionnelle (c'est-à-dire que les eaux usées ne traversent aucun lit fixe entre l'extrémité inférieure
 - 30 de l'élément à lit fixe et le fond de l'enceinte réactionnelle), et ainsi
 - à l'intérieur de l'élément à lit fixe et/ou
 - entre des éléments à lit fixe voisins et/ou
 - entre l'élément à lit fixe et la paroi interne de

l'enceinte réactionnelle,

- au moins un espace libre qui s'étend sur toute la hauteur de l'élément à lit fixe est formé, et
- un dispositif pour la circulation forcée des eaux usées en direction du fond de l'enceinte réactionnelle est disposé dans cet espace libre.

L'élément à lit fixe est disposé dans l'enceinte réactionnelle de telle sorte qu'il se trouve en totalité dans les eaux usées. En d'autres termes, le niveau des eaux usées se situe au-dessus de l'extrémité supérieure de l'élément à lit fixe. En l'occurrence, l'arrivée ou l'évacuation précitées peuvent être disposées entre le niveau de l'eau et l'extrémité supérieure de l'élément à lit fixe. Ici, l'arrivée et l'évacuation peuvent être diamétralement opposées.

L'élément à lit fixe peut être en une ou plusieurs parties. Il peut se composer par exemple de tubes dits en treillis fixés solidement les uns aux autres, par exemple soudés, mais de façon que les eaux usées puissent s'écouler non seulement dans le sens axial des tubes mais aussi perpendiculairement à ceux-ci. L'élément à lit fixe peut également se composer d'éléments supports mobiles (également appelés corps de remplissage) dont la mobilité dans les eaux usées est limitée dans une plage définie, par exemple au moyen d'agents de retenue. Sur ce point, le terme d'élément à lit fixe n'est soumis à aucune limitation.

Le point essentiel pour l'enceinte réactionnelle est que le lit fixe (qu'il soit réalisé sous forme fixe ou avec des corps mobiles) ne s'étende pas sur la totalité du volume ou sur la totalité de l'aire de section de l'enceinte réactionnelle. Au contraire, il est prévu de laisser à l'intérieur de l'élément à lit fixe ou entre des éléments à lit fixe voisins ou bien entre un élément

à lit fixe et la paroi interne du réacteur un espace libre qui s'étend en conséquence verticalement sur toute la hauteur de l'élément à lit fixe.

5 Avec cet espace libre sont créées essentiellement deux zones pour les eaux usées, une zone dans laquelle les eaux usées traversent le lit fixe et une zone dans laquelle les eaux usées peuvent s'écouler en conséquence sans obstacle.

10 La raison d'être et le but de cet espace libre est de donner aux eaux usées un sens d'écoulement dirigé et de former ainsi un écoulement dit en boucle (flux circulant) à l'intérieur de l'enceinte réactionnelle.

15 Dans ce but, le dispositif précité pour la conduite forcée des eaux usées est disposé dans l'espace libre et fait en sorte que les eaux usées traversent l'espace libre de haut en bas et, dès qu'elles ont quitté l'espace libre à son extrémité inférieure, retraversent ensuite l'élément à lit fixe vers le haut avant d'être renvoyées à nouveau dans l'espace libre et en direction du fond de
20 l'enceinte réactionnelle.

Dans le principe, il serait également envisageable d'inverser le sens d'écoulement.

25 La conduite dirigée des eaux usées de haut en bas à travers l'espace libre et de bas en haut à travers le matériau du lit fixe présente toutefois l'avantage que les eaux usées sont soumises à une circulation forcée supplémentaire grâce à des éléments déflecteurs correspondants au fond de l'enceinte réactionnelle, c'est-à-dire en dessous de la zone du lit fixe, ce qui
30 permet d'optimiser le flux circulant.

Pour optimiser cette circulation forcée, un mode de réalisation prévoit de limiter l'espace libre sur sa circonférence par une enveloppe imperméable à l'eau. De cette manière, on obtient une séparation ciblée des zones

précitées.

En l'occurrence, l'enveloppe peut être formée le long d'au moins un plan horizontal avec une multitude de perforations.

5 Ceci permet, au lieu d'un seul flux circulant, de réaliser sur toute la hauteur de l'enceinte réactionnelle plusieurs trajets d'écoulement pour les eaux usées, comme on le verra plus en détail avec la description de la figure.

10 Dans ce cas, les perforations peuvent avoir des sections variables, par exemple en disposant au voisinage des perforations au moins un registre qui ouvre ou ferme totalement ou partiellement les perforations. De cette façon, on peut faire varier l'intensité des flux
15 circulants d'une manière spécifique à l'application.

En principe, l'enceinte réactionnelle peut avoir une taille et une section quelconques.

Le flux en boucle cité peut être ajusté de manière optimisée dans le cas d'une enceinte réactionnelle de
20 section circulaire, l'espace libre précité étant disposé au centre de l'enceinte réactionnelle.

Toutefois, il est également possible de former plusieurs espaces libres, par exemple à l'intérieur du matériau du lit fixe, et de créer en conséquence une
25 multitude de flux circulants pour les eaux usées. Pour éviter des espaces morts, il y a lieu de choisir dans ce cas, par exemple, une disposition des espaces libres symétrique par rapport à l'axe de rotation.

Afin de conduire les eaux usées de manière ciblée à
30 l'intérieur de l'espace libre, le dispositif peut être réalisé sous la forme d'un agitateur ou d'une buse. Dans ce cas, les eaux usées subissent ainsi une accélération et un sens d'écoulement dirigé.

L'agencement du dispositif à l'extrémité inférieure

de l'espace libre voisine du fond de l'enceinte réactionnelle crée un effet de remous supplémentaire pour les eaux usées dans la partie de l'espace libre située au-dessus.

5 Dans le même temps, il règne dans la zone du dispositif une énergie d'écoulement maximale, de sorte que la sédimentation de boues au niveau du fond de la cuve (l'enceinte réactionnelle) est empêchée de manière durable.

10 Selon un autre mode de réalisation, on installe du moins un dispositif défecteur pour les eaux usées dans le prolongement et en dessous de l'espace libre. Ce dispositif sert à diriger les eaux usées de manière ciblée en dessous et à travers l'élément à lit fixe. En
15 même temps, les pertes par frottement sont minimisées. Pour cela, le dispositif défecteur peut avoir par exemple une forme hyperbolique. A l'aide d'un cône servant d'élément défecteur, on peut en même temps créer un dispositif de réglage destiné à recevoir l'enveloppe
20 de l'espace libre et présentant pour cela à son extrémité inférieure, qui dépasse vers le bas de l'élément à lit fixe et repose sur le cône, des perforations afin de ne pas perturber la circulation des eaux usées. En principe, l'enveloppe peut être supportée d'en haut ou de côté par
25 rapport à la paroi interne de l'enceinte réactionnelle. Il est également possible de concevoir le fond de l'enceinte réactionnelle de manière à réaliser sans chicanes supplémentaires une déflexion du flux avec peu de pertes, ainsi que décrit plus haut.

30 Dans le cas de l'enceinte réactionnelle décrite, il n'est pas exclu de voir apparaître une concentration de la biomasse excessive, non souhaitée, notamment dans les zones périphériques du lit fixe, par exemple dans la zone de transition entre le lit fixe et l'enveloppe de

l'espace libre ou bien dans la zone de transition entre le lit fixe et la paroi interne de l'enceinte réactionnelle. Ceci est dû au fait que la vitesse d'écoulement des eaux usées dans ces zones périphériques peut être plus faible qu'au centre du lit fixe.

Dans ce but, un autre mode de réalisation prévoit de disposer à l'extrémité inférieure de l'élément à lit fixe et/ou en dessous de l'élément à lit fixe des moyens pour alimenter un fluide sous pression dans l'élément à lit fixe, ces moyens pouvant être agencés de façon que le fluide n'alimente de manière au moins majoritaire que lesdites zones périphériques de l'élément à lit fixe.

Le fluide peut être constitué par les eaux usées mêmes ou par un autre liquide. Toutefois, il est également possible de choisir comme fluide de l'air comprimé. Néanmoins, étant donné que l'air (l'oxygène) perturbe la dénitrification des eaux usées, les moyens précités doivent pouvoir être cadencés lorsque le fluide utilisé est de l'air, c'est-à-dire que l'air doit être dans tous les cas délivré par à-coups à intervalles déterminés afin de réduire l'apport d'oxygène au minimum nécessaire.

En ce qui concerne l'agencement possible des moyens précités, la description de la figure qui va suivre donne des indications complémentaires.

En l'occurrence, la description de la figure contient également des traits distinctifs de l'invention qui sont applicables d'une manière générale au-delà de la description concrète de l'exemple de réalisation.

La figure unique est une représentation schématique vue en coupe longitudinale d'une enceinte réactionnelle de section circulaire.

En conséquence, l'enceinte réactionnelle, qui porte le numéro de repère 1, possède une paroi cylindrique 12

et un fond 10.

Le niveau des eaux usées est symbolisé par 14.

Immédiatement en dessous du niveau de l'eau 14, on distingue une arrivée d'eaux usées 16 et une évacuation
5 d'eaux usées 18 diamétralement opposée.

En dessous de l'arrivée 16 et de l'évacuation 18 se trouve un élément à lit fixe de forme annulaire 20 dans les eaux usées. L'élément à lit fixe 20 se compose d'une multitude de tubes en treillis avec une surface en
10 matière plastique, les tubes en treillis étant soudés par points les uns avec les autres.

La forme annulaire de l'élément à lit fixe 20 forme en son centre un espace libre 22 qui en conséquence s'étend coaxialement à un axe longitudinal médian M de
15 l'enceinte réactionnelle 1.

L'espace libre 22 est limité sur sa circonférence par une enveloppe cylindrique en acier 24 qui est formée circonférentiellement le long de deux plans horizontaux à une certaine distance l'un de l'autre avec des fentes 26
20 ou bien des trous ronds 28. Les fentes 26 ou bien les trous ronds 28 ont une section variable réglable au moyen de registres, non représentés ici, qui s'étendent à l'extérieur de l'enveloppe en acier 24.

En dessous des trous ronds 28, à l'extrémité
25 inférieure 22U de l'espace libre 22, est disposé un agitateur 30 entraîné par un moteur (non représenté).

L'enveloppe en acier 24 est prolongée au-delà de l'extrémité inférieure 20U de l'élément à lit fixe 20, ce tronçon 24U présentant une multitude de perforations
30 destinées à permettre aux eaux usées de s'écouler à travers.

Ce tronçon 24U repose sur un cône 32 qui est disposé sur le fond 10 de l'enceinte réactionnelle 1 de telle sorte que sa pointe se situe sur l'axe longitudinal

médian M.

L'élément à lit fixe 20 est placé sur un support annulaire en acier 34.

5 En conséquence, entre l'extrémité inférieure 20U de l'élément à lit fixe 20 et le fond 10 de l'enceinte réactionnelle 1, est formée une zone 36 qui est dépourvue de matériau de lit fixe.

10 A l'extrémité supérieure du tronçon 24U de l'enveloppe en acier 24 s'étend circonférentiellement un conduit d'air annulaire 38 qui peut être alimentée en air comprimé par l'intermédiaire d'une conduite de raccordement (non représentée).

15 En plus, une conduite d'eau annulaire 40 s'étend en dessous de l'élément à lit fixe 20 au voisinage immédiat de la paroi 12, l'orifice de sortie de la conduite d'eau 40 étant dirigé vers le haut.

En fonctionnement normal, la conduite d'air 38 et la conduite d'eau 40 ne sont pas activées.

20 En conséquence, l'agitateur 30 fait en sorte que les eaux usées traversent l'espace libre 22 de haut en bas dans le sens de la flèche P1.

25 Dès qu'elles quittent l'espace libre 22 par le bas, elles s'écoulent radialement vers l'extérieur dans le sens des flèches P2, ce mouvement d'écoulement étant favorisé par le cône 32.

Ensuite les eaux usées traversent l'élément à lit fixe 20 de bas en haut dans le sens des flèches P3.

30 Dès qu'elles ont quitté l'élément à lit fixe 20 par son extrémité supérieure, les eaux usées sont déviées dans le sens des flèches P4 et renvoyées dans l'espace libre 22 dans le sens de la flèche P1.

Ceci a pour effet de former un flux rotatoire à l'intérieur de l'enceinte réactionnelle 1. La biomasse qui s'accumule sur la surface de l'élément à lit fixe 20

est ainsi alimentée continuellement en substrat contenant de l'azote et l'épaisseur du film biologique (la biomasse) est en même temps régulée en fonction du débit de l'agitateur 30.

5 Compte tenu de la réalisation constructive décrite pour l'enceinte réactionnelle 1, le flux circulant n'est pas constant lorsqu'on le considère sur la section horizontale de l'enceinte réactionnelle 1. Le flux est moindre notamment dans la zone de la paroi externe de
10 l'enveloppe en acier 24 ou dans la zone de la face interne de la paroi 12, de sorte qu'il peut s'y produire une formation de film biologique plus importante.

 Ceci peut déjà être pallié en ouvrant les fentes 26 ou les trous ronds 28 de manière à former des flux
15 circulants supplémentaires, repérés par les flèches P5 ou P6.

 En variante, ou cumulativement, il est possible d'activer la conduite d'air 38 ou la conduite d'eau 40 de manière à augmenter l'énergie d'écoulement des eaux usées
20 dans les zones précitées, ce qui se traduit par un enlèvement renforcé du film biologique.

 En vue d'une dénitrification aussi complète que possible, la mise en service (activation) de la conduite d'air 38 se fait uniquement de manière cadencée, c'est-à-
25 dire par intervalles, ces intervalles étant choisis en fonction de chaque application, afin d'amener le moins d'oxygène possible dans les eaux usées.

 Dans le cas de l'ouverture des fentes 26 et/ou des trous ronds 28, on obtient un flux horizontal partiel
30 dirigé des eaux usées dans le lit fixe, lequel influe à son tour favorablement sur le contrôle du biofilm.

REVENDEICATIONS

1. Enceinte réactionnelle pour la dénitrification des eaux usées, ayant les caractéristiques suivantes :
 - 1.1 une arrivée d'eaux usées (16),
 - 1.2 une évacuation d'eaux usées (18),
 - 5 1.3 au moins un élément à lit fixe (20) pouvant être traversé par le flux d'eaux usées dans toutes les directions du système de coordonnées,
 - 1.4 l'élément à lit fixe (20) est formé et disposé dans l'enceinte réactionnelle (1) de telle sorte que
 - 10 1.5 il se termine à une certaine distance du fond (10) de l'enceinte réactionnelle (1), et
 - 1.6.1 à l'intérieur de l'élément à lit fixe (20) et/ou
 - 1.6.2 entre des éléments à lit fixe voisins et/ou
 - 1.6.3 entre l'élément à lit fixe (20) et la paroi interne
 - 15 de l'enceinte réactionnelle (1),
 - 1.7 au moins un espace libre (22) qui s'étend sur toute la hauteur de l'élément à lit fixe (20) est formé
 - 1.8 un dispositif (30) pour la circulation forcée des eaux usées en direction du fond (10) de l'enceinte
 - 20 réactionnelle (1) est disposé dans l'espace libre (22).

2. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle l'espace libre (22) est limité sur sa circonférence par une enveloppe (24) imperméable à l'eau.
- 25

3. Enceinte réactionnelle selon la revendication 2, dans laquelle l'enveloppe (24) est formée le long d'au moins un plan horizontal avec une multitude de perforations (26, 28).
- 30

4. Enceinte réactionnelle selon la revendication 3, dans laquelle les perforations (26, 28) ont une section que

l'on peut faire varier.

- 5 5. Enceinte réactionnelle selon la revendication 3, dans laquelle, au voisinage des perforations (26, 28), est agencé au moins un registre permettant de fermer au moins en partie les perforations (26, 28).
- 10 6. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle l'espace libre (22) est formé au centre de l'enceinte réactionnelle (1).
7. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif (30) se compose d'un agitateur.
- 15 8. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif (30) se compose d'une buse.
- 20 9. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle le dispositif (30) est disposé à l'extrémité inférieure de l'espace libre (22) voisine du fond (10) de l'enceinte réactionnelle (1).
- 25 10. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle, dans le prolongement et en dessous de l'espace libre (22), est installé au moins un dispositif défecteur (32) pour les eaux usées le long duquel les eaux usées peuvent être envoyées sous l'élément à lit fixe (20).
- 30 11. Enceinte réactionnelle selon la revendication 1, dans laquelle, à l'extrémité inférieure (20U) de l'élément à lit fixe (20) et/ou en dessous de l'élément à lit fixe (20), sont disposés des moyens (38, 40) pour alimenter un fluide sous pression dans l'élément à lit fixe (20).

12. Enceinte réactionnelle selon la revendication 11,
dans laquelle les moyens (38, 40) sont agencés de façon à
ce que le fluide n'alimente au moins majoritairement que
5 des zones périphériques de l'élément à lit fixe (20).

13. Enceinte réactionnelle selon la revendication 12,
dans laquelle les moyens (38, 40) sont agencés de façon à
ce que le fluide alimente des zones périphériques de
10 l'élément à lit fixe (20) par rapport à l'espace libre
(22) et/ou des zones périphériques de l'élément à lit
fixe (20) par rapport à la paroi interne de l'enceinte
réactionnelle (1).

15 14. Enceinte réactionnelle selon la revendication 11,
dans laquelle les moyens (38) sont des aérateurs.

15. Enceinte réactionnelle selon la revendication 11,
dans laquelle les moyens (38, 40) peuvent être cadencés.

1/1

