

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 076 829**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **18 50308**

⑤① Int Cl⁸ : **C 02 F 3/06 (2018.01), C 02 F 3/34**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF ET PROCÉDE DE TRAITEMENT D'EAUX USEES, INTEGRANT UN BASSIN DE PURIFICATION DE TYPE FILTRE PLANTE ET UN REACTEUR BIOLOGIQUE.

②② Date de dépôt : 15.01.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.07.19 Bulletin 19/29.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 10.12.21 Bulletin 21/49.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *OPURE Société par actions simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : PAING JOELLE et PRADERIE MATTHIEU.

⑦③ Titulaire(s) : *OPURE Société par actions simplifiée*.

⑦④ Mandataire(s) : LEGI LC.

FR 3 076 829 - B1



Dispositif et procédé de traitement d'eaux usées, intégrant un bassin de purification de type filtre planté et un réacteur biologique

Le domaine de l'invention est celui de la conception et de la fabrication de systèmes de traitement des eaux usées. Plus précisément, l'invention concerne la conception d'un dispositif de traitement des eaux usées employant une technologie de type filtre planté.

Le traitement des eaux usées par filtre planté connaît un très fort développement depuis ces vingt dernières années. Pour rappel, on désigne par « filtre planté » un massif filtrant planté de végétaux où des eaux usées sont épurées lors de leurs percolations à travers le massif grâce au matériau filtrant, aux bactéries, et aux végétaux. Ce type de système d'épuration est appliqué principalement pour le traitement des effluents domestiques des petites collectivités. Il présente de nombreux avantages :

- une bonne intégration paysagère ;
- un entretien facile et peu coûteux ;
- une faible production de boues ;
- pas de consommation d'énergie ni de produit chimique ;
- de bonnes performances épuratoires ;
- une bonne adaptation aux variations de charge.

On connaît des filtres plantés à percolation verticale ou à percolation horizontale.

Dans les filtres horizontaux, l'arrivée des effluents dans les massifs s'effectue sur un des côtés. Ces effluents cheminent alors horizontalement dans le massif pour être récupérés à l'autre extrémité.

Dans les filtres à percolation verticale (ou écoulement vertical), les eaux usées sont envoyées en surface, percolent verticalement à travers le massif filtrant et sont récupérées dans le fond par un réseau de drainage. Ces filtres sont majoritairement maintenus en condition aérobie grâce à des mécanismes d'aération passive parmi lesquels :

- l'apport d'oxygène excrété par les racines des plantes ;
- la convection liée à l'effet piston du déplacement des lames d'eau apportées à chaque bâchées ;
- la diffusion, à la fois depuis la surface et par le fond grâce à des moyens d'aération qui comprennent des cheminées d'aération.

Les principaux polluants éliminés sont les matières en suspension, les matières organiques, ainsi que les composés azotés.

5 Dans les filtres verticaux, les mécanismes épuratoires sont régis par des mécanismes physiques (filtration, adsorption) et biologique (dégradation microbienne aérobie, nitrification, assimilation végétale). Il est à noter que dans ces filtres, le traitement de l'azote global est faible car il se limite à la nitrification par les bactéries nitrifiantes en condition aérobie (conduisant à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates).

10 Dans ces dispositifs, les rôles principaux des végétaux plantés en surface sont les suivants :

- maintenir la perméabilité du massif filtrant grâce aux voies hydrauliques créées par leurs tiges, racines et rhizomes (prévention des phénomènes de colmatage) ;
- 15 - favoriser l'activité microbienne aérobie à proximité des racines et rhizomes qui servent de support de biofilm, notamment grâce à l'apport d'oxygène des végétaux ;
- favoriser la déshydratation des matières solides retenues en surface le cas échéant, via l'évapotranspiration des roseaux.

20 En France, la filière la plus largement appliquée est constituée de deux étages (ou bassins) de filtres verticaux en série, avec une surface totale de filtres de 2 à 2,5 m²/EH (1,2 à 1,5 m²/EH au premier étage et 0,8 à 1 m²/EH au deuxième étage ; avec EH = Equivalent-Habitant, ce qui correspond à la pollution journalière générée par une personne, soit le plus souvent 60 gDBO₅/j, 120 gDCO/j, 90 gMES/j, 15 gNTK/j et 2.4 gPT/j).

25 Une des particularités de cette filière est de ne pas comprendre de prétraitement (excepté un dégrillage grossier) et d'envoyer les effluents bruts directement sur la surface du premier étage. Ainsi, les matières particulaires contenues dans les eaux usées sont retenues par des mécanismes de filtration en surface, où elles sont progressivement déshydratées et minéralisées.

30 L'accumulation de boues dans cette filière est ainsi faible (environ 1,5 cm/an), ce qui entraîne des fréquences de curage très espacées (une fois tous les 10 à 15 ans). De plus, la qualité des boues est compatible avec une revalorisation agricole sans traitement complémentaire.

Il est maintenant connu que cette filière à deux bassins, constituée de deux filtres verticaux en série, permet d'obtenir des rendements épuratoires élevés pour les effluents domestiques (> 90%) sur les polluants : matières en suspension (MES), matières organiques (DBO₅ et DCO) et azote réduit (NTK).

5 En revanche, les performances de cette filière sont limitées (< 30%) pour l'azote global (NGL) et le phosphore (PT). Cette filière présente aussi comme inconvénient d'avoir une emprise foncière relativement élevée (2 à 2,5 m²/EH).

L'art antérieur a proposé d'autres solutions destinées à être plus performantes dans les traitements et moins consommatrice d'espace.

10 On retrouve ainsi des filières mixtes constituées par l'association de filtres de type vertical et horizontal, en série, une telle filière présente toujours une emprise foncière élevée mais permet d'améliorer les performances de traitement sur l'azote global en favorisant les réactions de nitrification et de dénitrification.

15 On connaît également des solutions qui font appel à un unique filtre compact à percolation verticale dans lequel des couches de matériaux sont superposées. Ces couches de matériaux sont composées de matériaux filtrant poreux présentant des granulométries différentes et étant capables de favoriser ainsi le développement de micro-organismes tout en permettant de réduire l'emprise foncière et de limiter les coûts d'exploitation du dispositif.

20 Ces variantes à un étage plus compactes sont notamment décrites dans les documents de brevet publiés sous les numéros FR2942791 et FR2973796. De telles filières comportent un seul étage et réduisent ainsi considérablement l'emprise foncière du dispositif. Les dispositifs décrits dans ces documents comprennent un unique bassin de purification du type filtre planté et présentent des capacités
25 épuratoires améliorées.

Néanmoins, ces filières à un seul bassin de purification ne permettent pas un traitement poussé de l'azote ammoniacal (NTK), ni du phosphore (PT).

Au-delà des perfectionnements apportés à une filière de type filtre planté de roseaux utilisant un unique bassin épuratoire, l'art antérieur décrit également un autre
30 type de technologie alternatif très compact.

Cette technologie très compacte, pour le traitement d'eaux usées, utilise des « micro-stations ». Ces micro-stations sont basées sur une technologie d'épuration biologique à culture fixée de bactéries. Elles permettent un traitement poussé de

l'azote ammoniacal (NTK), et si nécessaire du phosphore (PT), grâce à l'ajout de réactifs.

5 Néanmoins, cette technologie de micro-station présente un coût de fonctionnement bien plus élevé que celui de la technologie des filtres plantés de roseaux. Cette différence de coût de fonctionnement est notamment due à une consommation d'énergie élevée entraînée par le fonctionnement de la micro-station ainsi que la nécessité de réaliser des vidanges de boues produites par la micro-station, ces vidanges se révélant très fréquentes en pratique.

10 L'invention a notamment pour objectif de palier les inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, l'invention a pour objectif de proposer un dispositif de traitement des eaux usées qui permet un traitement optimisé, tant sur le plan rendement que sur le plan économique, des différents polluants des effluents domestiques de petites collectivités.

15 L'invention a également pour objectif de proposer un tel dispositif de traitement des eaux usées qui présente une emprise foncière plus limitée que celle des filières de traitement comprenant plusieurs bassins de purification de type filtre planté de roseaux.

20 L'invention a encore pour objectif de proposer un tel dispositif de traitement des eaux usées qui ne présente pas des coûts de fonctionnement et des besoins d'entretien aussi élevés que ceux présentés par les micro-stations décrites dans l'art antérieur.

25 Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints grâce à l'invention qui a pour objet un dispositif de traitement d'eaux usées, comportant un bassin de purification de type filtre planté, dans lequel la circulation des eaux usées est à écoulement vertical, le bassin comportant :

- des moyens d'apport d'eaux usées en surface du bassin ;
- au moins une couche de matériaux filtrant ;
- des moyens de drainage situés au fond du bassin ;

30 caractérisé en ce qu'il comporte un réacteur biologique à culture fixée de bactéries aérobies, le réacteur étant situé en aval du bassin selon un sens de circulation des eaux usées.

Le bassin de purification de type filtre planté forme un massif filtrant.

Un tel dispositif est plus avantageux qu'un dispositif selon l'art antérieur mettant en œuvre deux bassins distincts de filtres plantés de roseaux (occupant $2\text{m}^2/\text{EH}$). En effet, le dispositif selon l'invention peut être plus compact ($< 1,3\text{m}^2/\text{EH}$) tout en présentant de meilleures performances épuratoires ($\text{NTK} < 5$ à 10 mg/l) et des coûts d'investissements plus faibles.

Par rapport à des micro-stations à culture fixée classique selon l'art antérieur, le dispositif de traitement a pour avantage de produire moins de boues et de les stocker sur plusieurs années. De plus, il est moins consommateur d'énergie et présente des coûts de fonctionnement plus faibles.

Ce dispositif est particulièrement adapté aux traitements des eaux usées domestiques de petites collectivités (20-500EH) ou de structures privées du type camping, hôtel, résidence...

Le dispositif selon l'invention est aussi adapté à l'assainissement non-collectif ($< 20\text{EH}$), et à l'assainissement d'effluents originaires de petites industries agro-alimentaires telles que des fromageries, des charcuteries, des laiteries, des pâtisseries...

La combinaison du réacteur biologique et du bassin de purification de type filtre planté produit une synergie.

En effet, les traitements de purification réalisés par ces deux éléments se combinent en limitant les inconvénients relatifs à chaque élément pris séparément. Plus précisément, le filtre planté permet de dégrader les boues primaires (des eaux usées à traiter) et/ou les boues secondaires (boues résiduelles issues du réacteur), et le réacteur permet de réaliser une épuration complémentaire de celle se réalisant dans le filtre planté, en consommant peu d'énergie et en ne nécessitant pas un entretien intensif grâce à la dégradation des boues réalisée dans le filtre planté.

Aussi, les eaux usées arrivant au réacteur sont d'abord traitées dans le bassin de purification. Le traitement préalable de ces eaux usées dans un bassin de purification de type filtre planté permet ainsi d'avoir un réacteur biologique plus petit, qui produit moins de boues et consomme moins d'énergie.

Préférentiellement, le dispositif comporte un circuit de recirculation de boues produites par le dispositif jusqu'en amont du bassin selon le sens de circulation des eaux usées.

De cette manière, les éventuelles boues produites par le dispositif sont réinjectées en tête du dispositif de traitement d'eaux usées et sont amenées à être

répandues à la surface du bassin de purification de type filtre planté. Ces boues produites par le dispositif peuvent être considérées comme des boues secondaires. Ces boues secondaires sont additionnées aux boues primaires destinées à être traitées par le dispositif de traitement, et sont alors stockées, déshydratées et minéralisées en surface du bassin de purification.

Selon une solution avantageuse, le dispositif comporte un clarificateur situé en aval du bassin et du réacteur selon le sens de circulation des eaux usées, et le circuit de recirculation comporte des moyens de collecte de boues intégrés au clarificateur.

L'intégration de ces moyens de collecte au clarificateur permet d'optimiser la collecte des boues du fait de la capacité du clarificateur à rassembler ces boues pour éviter qu'elles ne soient relâchées à la fin du circuit de traitement du dispositif de traitement des eaux usées.

Selon une caractéristique avantageuse, les moyens de drainage comprennent un réseau de drains situé au fond du bassin, le réseau de drains étant couplé à une cheminée d'aération.

A cet effet, un seul réseau de drains est situé au fond du bassin de purification pour la fonction de drainage, ce réseau participant également à l'aération passive du filtre planté.

Selon un mode de réalisation avantageux, le dispositif comporte une voie d'incorporation dans le réacteur d'un réactif pour le traitement du phosphore.

De cette manière, le dispositif selon l'invention permet d'atteindre des taux de phosphore dans les eaux relâchées particulièrement faibles ($PT < 2$ mg/l grâce à l'ajout du réactif chimique), et ce à faible coût.

Par exemple, et tel que cela sera détaillé par la suite, le réactif peut correspondre à du chlorure ferrique ou à des sels d'aluminium qui permettent de précipiter le phosphore.

Selon un mode de réalisation avantageux, le réacteur biologique comporte une cuve dans laquelle est situé au moins un support bactérien destiné à être immergé, le support étant monté mobile ou fixe dans la cuve.

Dans la cuve du réacteur, les bactéries se fixent et prolifèrent sur le support bactérien.

Ce support permet d'avoir une concentration de bactéries plus élevée. Ce support permet également de maintenir un âge de boues plus élevé que le temps de

séjour hydraulique, permettant ainsi de traiter davantage de pollution tout en réduisant le volume de réacteur.

Selon une caractéristique avantageuse, le ou les supports bactériens présentent une surface spécifique égale ou supérieure à $200 \text{ m}^2.\text{m}^{-3}$.

5 Une surface spécifique élevée favorise le développement des bactéries épuratrices.

L'invention a également pour objet un procédé de traitement d'eaux usées, comprenant :

- une étape de traitement dans un filtre planté à écoulement vertical ;
- 10 - une étape de traitement dans un réacteur biologique à culture fixée de bactéries aérobies,

l'étape de traitement dans un réacteur biologique suivant l'étape de traitement dans un filtre planté.

15 Un tel procédé de traitement d'eaux usées selon l'invention permet de traiter efficacement des eaux usées tout en nécessitant une emprise foncière pour la mise en œuvre du procédé qui n'est pas excessive, et également en présentant des coûts de fonctionnement faibles.

20 Plus précisément, le procédé selon l'invention ne conduit pas ou peu à la production de boues secondaires (issues de la mise en œuvre du procédé lors du traitement de boues primaires à traiter).

Selon une caractéristique avantageuse, le procédé comprend :

- une étape de collecte de boues produites par le procédé ;
- une étape d'injection dans les eaux usées en amont de l'étape de traitement dans un filtre planté, des boues collectées lors de l'étape de
- 25 collecte.

Grâce à cette caractéristique, le procédé selon l'invention permet d'optimiser le devenir de boues secondaires éventuellement produites. Plus précisément, ces boues secondaires sont réinjectées au niveau de l'étape de traitement dans un filtre planté, ce qui amène ces boues secondaires à être stockées, déshydratées et

30 minéralisées en surface du filtre planté.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre d'exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique du dispositif de traitement d'eaux usées selon l'invention, ce dispositif mettant en œuvre également le procédé de traitement selon l'invention ;
- 5 - la figure 2 est une représentation schématique selon une coupe transversale du bassin de purification de type filtre planté ;
- la figure 3 est une représentation schématique selon une coupe transversale du réacteur biologique du dispositif selon l'invention ;
- la figure 4 est une représentation schématique selon une coupe transversale du clarificateur du dispositif de traitement selon l'invention ;
- 10 - la figure 5 est un ordinogramme illustrant le procédé de traitement selon l'invention.

En référence à la figure 1, le dispositif 1 de traitement d'eaux usées selon l'invention comporte :

- 15 - un bassin 2 de purification de type filtre planté, dans lequel la circulation des eaux usées est à écoulement vertical ;
- un réacteur 3 biologique à culture fixée de bactéries aérobies ;
- un clarificateur 4.

Le dispositif 1 comporte également :

- 20 - un dégrilleur 10 ;
- un équipement intermédiaire d'alimentation 11, tel qu'un poste de relevage ou une chasse ;
- un canal de mesure 12.

25 Tel qu'illustré par la figure 1, le dispositif 1 de traitement d'eaux usées présente une configuration en série. En d'autres termes, le bassin 2 de purification, le réacteur 3 biologique et le clarificateur sont placés les uns à la suite des autres selon un sens de circulation des eaux usées, formant ainsi un circuit de circulation des eaux usées.

En référence à la figure 1 :

- 30 - le clarificateur 4 est situé en aval du bassin et du réacteur selon le sens de circulation des eaux usées ;
- le réacteur 3 est situé en aval du bassin 2 selon le sens de circulation des eaux usées.

Selon un autre mode de réalisation non illustré, le bassin 2 de purification peut être situé après le réacteur 3 biologique à culture fixée de bactéries aérobies.

Tel qu'illustré par la figure 1, des eaux usées à traiter passent d'abord par le dégrilleur 10, entrent ensuite dans l'équipement intermédiaire d'alimentation 11, puis sont successivement traitées dans le bassin 2 de purification de type filtre planté, dans le réacteur 3 biologique à culture fixée de bactéries aérobies, et enfin dans le clarificateur 4.

Aux termes de ce circuit, les eaux usées qui ont été traitées peuvent être analysées par le biais du canal de mesure 12 qui termine le circuit de circulation des eaux usées.

En référence à la figure 2, le bassin 2 de purification comporte :

- 10 - des moyens d'apport d'eaux usées 20 en surface du bassin ;
- au moins une couche de matériaux filtrants 21 ;
- des moyens de drainage 22 situés au fond du bassin ;
- des moyens d'aération 23 couplés à un réseau de drains 230 situé au fond du bassin, et communiquant avec ce dernier.

15 Le bassin 2 est délimité par une bordure 250 ainsi qu'un complexe d'étanchéité 251 situé sur les côtés et au fond du bassin et couplé à la bordure 250.

Ce complexe d'étanchéité peut prendre la forme, par exemple, d'une géomembrane de polyéthylène haute densité posée sur un géotextile anti-poinçonnement.

20 Les bordures 250 sont disposées autour du bassin. Ces bordures peuvent par exemple être en polypropylène, en bois ou en béton. Ces bordures sont conçues pour protéger le filtre planté des eaux de ruissellement, et pour protéger le complexe d'étanchéité des dégradations extérieures.

25 Selon le mode de réalisation illustré, le bassin comporte une couche de matériaux filtrants 21.

Selon un autre mode de réalisation non illustré, le bassin peut comporter par exemple trois couches superposées de matériaux filtrants, ces couches de matériaux filtrants présentant une granulométrie moyenne augmentant avec la profondeur des couches. Ce bassin présente ainsi :

- 30 - une couche inférieure, située au fond du bassin de purification, et présentant une granulométrie variant de 20 à 40 mm, ou de 20 à 80 mm ;
- une couche intermédiaire, présentant une granulométrie variant de 4 à 10 mm, ou de 4 à 20 mm ;

- une couche supérieure, présentant une granulométrie de 2 à 4 mm, ou de 3 à 8 mm.

La couche supérieure forme une couche de filtration qui peut présenter une hauteur variant de 30 à 60 cm.

- 5 La couche intermédiaire, quant à elle, peut présenter une hauteur variant de 15 à 30 cm.

Enfin, la couche inférieure peut présenter une hauteur variant de 15 à 30 cm.

Tel que précisé précédemment et tel qu'illustré par la figure 2, le bassin 2 de purification est de type filtre planté et comporte à cet effet des roseaux 24.

- 10 Toujours selon la figure 2, les moyens d'apport d'eaux usées 20 sont du type par bâchées. A cet effet, les moyens d'apport d'eaux usées 20 comportent des diffuseurs 200 couplés à une canalisation par laquelle les eaux usées sont acheminées. Cette canalisation peut être enterrée dans le filtre, comme illustrée par la figure 2, ou aérienne.

- 15 L'arrivée des effluents (les eaux usées à traiter) se fait de manière discontinue, par « bâchée ». Cet apport par bâchée favorise une bonne répartition sur toute la surface du bassin des eaux usées et autorise une meilleure oxygénation de la couche de matériaux filtrants 21 par un effet de convection.

- 20 Les moyens d'apport d'eaux usées, du type par bâchées, peuvent comprendre des moyens d'alimentation tel qu'un réservoir avec pompe, un réservoir avec siphon auto-amorçant, ou encore un réservoir avec vannes automatiques.

- 25 Selon le présent mode de réalisation, les moyens de drainage 22 comprennent un réseau de drains 230, et une sortie d'évacuation 220 couplée au réseau de drain. Ce réseau de drains 230, situé au fond du bassin, participe également à l'aération passive du bassin de purification. En effet, les moyens d'aération 23 prennent la forme d'une cheminée couplée au réseau de drains 230, permettant ainsi à l'air extérieur de pénétrer à l'intérieur du réseau de drains 230 et de diffuser de l'oxygène au sein de la couche de matériaux filtrants 21.

- 30 Les moyens de drainage peuvent également comprendre, par exemple, une couche de graviers grosse granulométrie (fonction de la couche inférieure de matériaux filtrants) ou un plancher alvéolaire.

Par ailleurs, le bassin de purification de type filtre planté du dispositif de traitement selon l'invention peut comporter une ou plusieurs caractéristiques des bassins de purification décrits dans les documents de brevet publiés sous les

numéros FR2942791 et FR2973796 (cette ou ces caractéristiques devant bien entendu être compatibles avec le dispositif de traitement selon l'invention).

En référence à la figure 3, le réacteur 3 biologique est du type à culture fixée de bactéries aérobies.

5 Le réacteur 3 comporte une cuve 30. Les effluents entrent dans la cuve par l'intermédiaire d'un tuyau d'apport 300 et sortent de la cuve par l'intermédiaire d'un tuyau de sortie 301.

10 Le tuyau d'apport 300 est un tuyau plongeant qui débouche à l'intérieur de la cuve à proximité de son fond 304, à proximité d'une première paroi latérale 302 de la cuve.

Le tuyau de sortie 301, quant à lui, présente une embouchure située à l'intérieur de la cuve 30, à proximité d'une deuxième paroi latérale 303 opposée à la première paroi latérale 302.

15 Le réacteur 3 comprend un système d'alimentation en air 32 qui comporte :

- un surpresseur 320 ;
- des canalisations d'air 321 ;
- des diffuseurs d'air 322.

Le système d'apport en air 32 peut fonctionner de manière continue ou séquentielle.

20 Le surpresseur 320 alimente ainsi les diffuseurs d'air qui sont situés au fond de la cuve.

Les diffuseurs d'air sont du type à moyennes bulles ou à fines bulles (par exemple : membrane micro-perforée, diffuseur tubulaire...). Ces diffuseurs d'air assurent l'aération et le brassage de l'eau du réacteur.

25 Le ou les surpresseurs d'air alimentent les bactéries en oxygène. Il peut par exemple s'agir d'un surpresseur à canal latéral ou d'un surpresseur à lobes.

Dans le cas d'une aération séquentielle, le pilotage de l'aération peut être configuré pour fonctionner à l'aide d'une horloge ou par l'intermédiaire d'un asservissement à l'aide d'une sonde redox et/ou oxygène.

30 Un deuxième surpresseur peut être installé en sécurité. En cas de panne du premier surpresseur, ce deuxième surpresseur prend le relais pour assurer le fonctionnement de la station pendant la réparation du premier surpresseur.

Le réacteur 3 comprend également des supports bactériens 31.

Ces supports bactériens sont destinés à être immergés à l'intérieur de la cuve. Le support bactérien présente une surface spécifique élevée ($> 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$). Ces supports bactériens présentent également avantageusement un pourcentage de vide important ($> 90\%$). De tels supports bactériens peuvent être fabriqués de manière non biodégradable avec un matériau pouvant être du polypropylène, du polyéthylène ou du polyéthylène haute densité, de manière à ce que ces supports présentent une durée de vie élevée.

Les supports bactériens peuvent par exemple prendre une forme cylindrique, une forme de ruban, de feuille ondulée, une forme sphérique en nid d'abeille, ou encore une forme de treillis tubulaire. Les supports bactériens sont fixes, ou mobiles (support bactérien de forme cylindrique mobile dans le réacteur par exemple). En variante, les supports bactériens peuvent être conditionnés dans des sacs.

Tel qu'illustré par la figure 3, les diffuseurs d'air 322 sont situés en dessous des supports bactériens 31.

Selon le présent mode de réalisation illustré par les figures 1 et 3, les eaux usées, prétraitées par le bassin de purification de filtre planté, gagnent alors le fond de la cuve 30 du réacteur 3 biologique par l'intermédiaire du tuyau d'apport, où la pollution organique résiduaire est dégradée par les bactéries aérobies.

Dans ce réacteur, l'azote ammoniacal est nitrifié par des bactéries autotrophes nitrifiantes.

Selon le mode de réalisation illustré par la figure 1, le dispositif 1 peut également comprendre une voie d'incorporation 6 dans le réacteur 3 d'un réactif pour un traitement du phosphore. Cette voie d'incorporation 6 comprend par exemple une cuve de stockage pour le réactif (chlorure ferrique, sels d'aluminium...) et une pompe doseuse pour l'ajout du réactif dans le réacteur biologique.

En référence à la figure 4, ainsi qu'à la figure 1, à la sortie du réacteur 3 biologique, les eaux traitées sont dirigées par gravité vers le clarificateur 4 (qui forme un compartiment de décantation secondaire).

A l'intérieur du clarificateur, les boues secondaires issues du traitement biologique sont décantées et se concentrent dans un cône de décantation 501 situé en partie inférieure du compartiment 40 du clarificateur 4.

Selon un mode de réalisation non illustré, le réacteur biologique et le clarificateur peuvent être réalisés dans un même ensemble qui est ensuite compartimenté.

Tel qu'illustré par la figure 1, le dispositif 1 comporte un circuit de recirculation 5 de boues produites par le dispositif jusqu'en amont du bassin selon le sens de circulation des eaux usées.

5 Ce circuit de recirculation 5 comporte des moyens de collecte 50 de boues, ces moyens étant intégrés au clarificateur 4 par le biais du cône de décantation 501.

Tel qu'illustré par la figure 4, les moyens de collecte 50 comportent également une pompe 500 située dans le cône de décantation.

10 En référence à la figure 1, le circuit de recirculation 5, par l'intermédiaire de la pompe, envoie les boues secondaires concentrées par le cône de décantation dans le clarificateur 4 jusqu'à l'équipement intermédiaire d'alimentation 11 située en amont du filtre planté par rapport au sens de circulation des eaux usées.

En référence à la figure 4, les eaux épurées peuvent quitter le clarificateur 4 par gravité. Ces eaux présentent dès lors une qualité conforme aux normes de rejet admises.

15 Le clarificateur peut également comporter un garant (cloison siphonide, filtre...) qui empêche l'intrusion d'un corps flottant dans le milieu récepteur.

20 Le dispositif 1 tel qu'illustré par la figure 1 permet d'atteindre des performances épuratoires et une qualité de rejet en sortie meilleure que celle d'un filtre planté de roseaux classiques à un seul ou à deux étages (à titre indicatif, les valeurs atteintes pour un effluent domestique classique peuvent être les suivantes : 20 mg/L MES ; 30 mg/L DBO ; 90 mg/L DCO et 5 mg/L NTK).

Le procédé de traitement d'eaux usées selon l'invention est illustré par la figure 5. Ce procédé est mis en œuvre par le dispositif 1 de traitement selon l'invention illustré par la figure 1.

25 En référence à la figure 5, le procédé de traitement comprend :

- une étape de traitement dans un filtre planté 70 à écoulement vertical, l'étape de traitement étant plus précisément mise en œuvre dans le bassin de purification de type filtre planté, dans lequel la circulation des eaux usées est à écoulement vertical ;
- 30 - une étape de traitement dans un réacteur biologique 71 à culture fixée de bactéries aérobies ;
- une étape de clarification 72 qui fait suite aux étapes de traitement dans le filtre planté 70 et à l'étape de traitement dans le réacteur biologique 71, l'étape de clarification étant mise en œuvre dans le clarificateur.

L'étape de traitement dans un réacteur biologique 71 suit l'étape de traitement dans un filtre planté 70.

De plus, le procédé comprend également :

- une étape de collecte 73 de boues produites par le procédé ;
- 5 - une étape d'injection 74 des boues collectées lors de l'étape de collecte précédente, dans les eaux usées destinées à être épurées à l'étape de traitement dans un filtre planté.

Les étapes de collecte et d'injection sont mises en œuvre par le circuit de recirculation du dispositif.

10 Grâce à la réalisation de l'étape de traitement dans le filtre planté préalablement à celle dans le réacteur biologique, le procédé a plusieurs avantages :

- le réacteur peut présenter une petite taille, et ce notamment par rapport à un réacteur biologique d'une micro station selon l'art antérieur (à capacité équivalente de traitement d'eaux usées) ;
- 15 - le réacteur présente un risque peu élevé de colmatage des supports sur lesquels les bactéries sont situées ;
- le procédé est facile à mettre en place dans le cas d'amélioration des performances de filtres plantés existants (en particulier pour NTK et PT).

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) de traitement d'eaux usées, comportant un bassin (2) de purification de type filtre planté, dans lequel la circulation des eaux usées est à écoulement vertical, le bassin comportant :
- 5
- des moyens d'apport d'eaux usées (20) en surface du bassin ;
 - au moins une couche de matériaux filtrant (21) ;
 - des moyens de drainage (22) situés au fond du bassin ;
- caractérisé en ce qu'il comporte :
- 10
- un réacteur (3) biologique à culture fixée de bactéries aérobies, le réacteur (3) comportant un surpresseur (320) et des diffuseurs d'air (322) assurant l'aération et le brassage de l'eau du réacteur, le réacteur étant situé en aval du bassin (2) selon un sens de circulation des eaux usées ;
 - un clarificateur (4) situé en aval du bassin (2) et du réacteur (3) selon le sens de circulation des eaux usées ;
 - un circuit de recirculation (5) de boues produites par le dispositif jusqu'en amont du bassin (2) selon le sens de circulation des eaux usées, le circuit de recirculation (5) comportant des moyens de collecte (50) de boues intégrés au clarificateur (4).
- 15
- 20
2. Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les moyens de drainage comprennent un réseau de drains (230) situé au fond du bassin (2), le réseau de drains étant couplé à une cheminée d'aération.
- 25
3. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une voie d'incorporation (6) dans le réacteur (3) d'un réactif pour un traitement du phosphore.
- 30
4. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réacteur (3) comporte une cuve (30) dans laquelle est situé au moins un support bactérien (31) destiné à être immergé, le support étant monté mobile ou fixe dans la cuve.

5. Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le ou les supports bactériens (31) présentent une surface spécifique égale ou supérieure à $200 \text{ m}^2.\text{m}^{-3}$.
- 5 6. Procédé de traitement d'eaux usées, comprenant :
- une étape de traitement dans un filtre planté (70) à écoulement vertical ;
 - une étape de traitement dans un réacteur biologique (71) à culture fixée de bactéries aérobies, le réacteur (3) comportant un surpresseur (320) et des diffuseurs d'air (322) assurant l'aération et le brassage de l'eau du réacteur, l'étape de traitement dans un réacteur biologique (71) suivant l'étape de traitement dans un filtre planté (70) ;
 - une étape de collecte (73) de boues produites par le procédé ;
 - une étape d'injection (74) dans les eaux usées en amont de l'étape de traitement dans un filtre planté (70), des boues collectées lors de l'étape de collecte.
- 10
- 15

Fig. 1

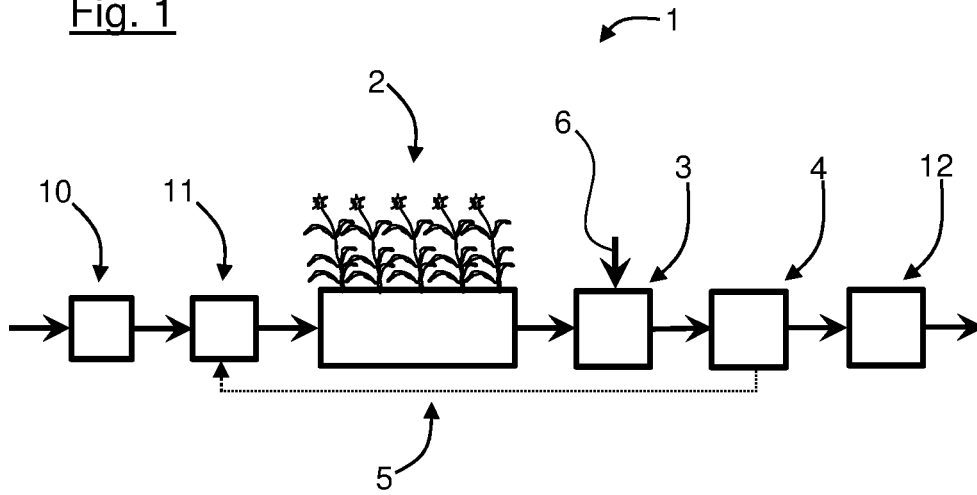


Fig. 2

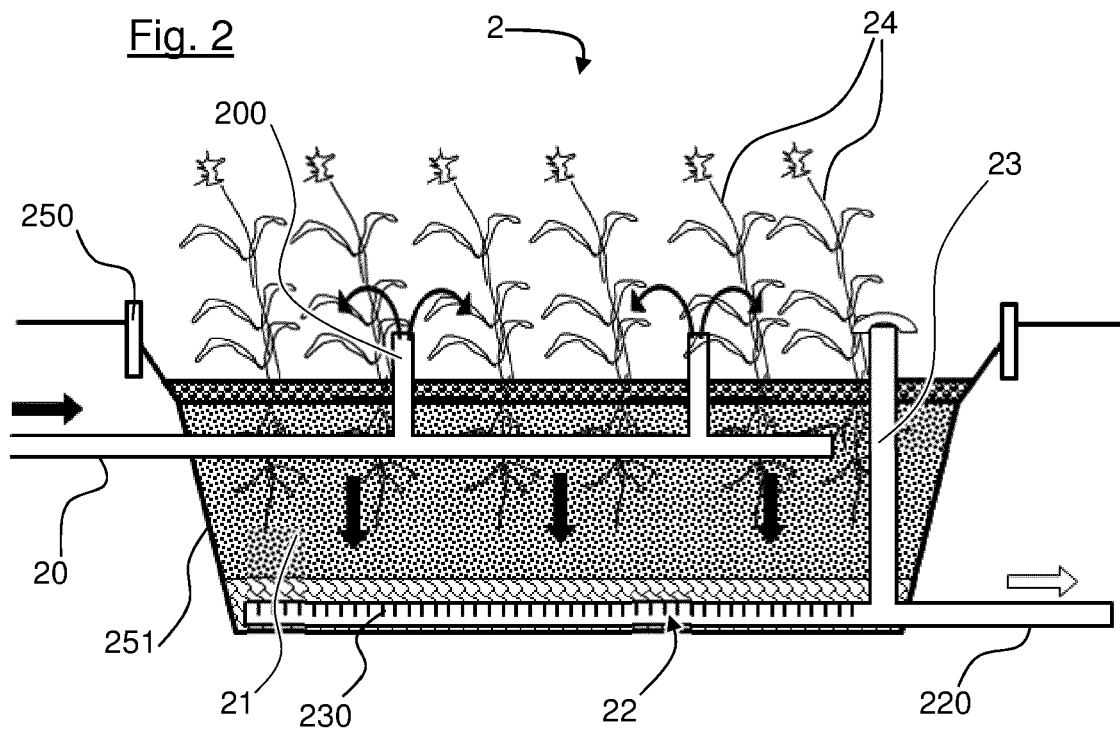


Fig. 3

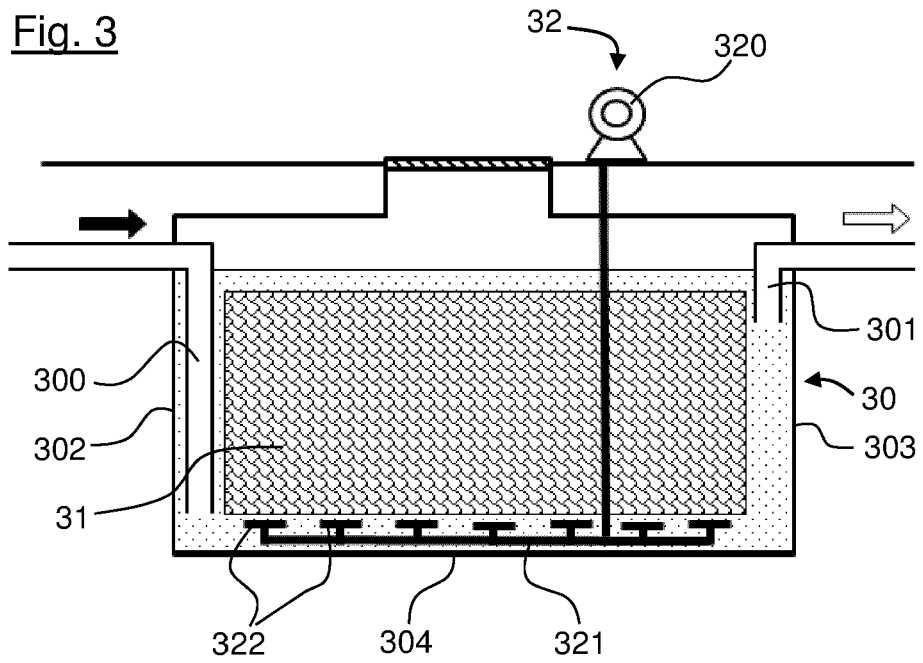


Fig. 4

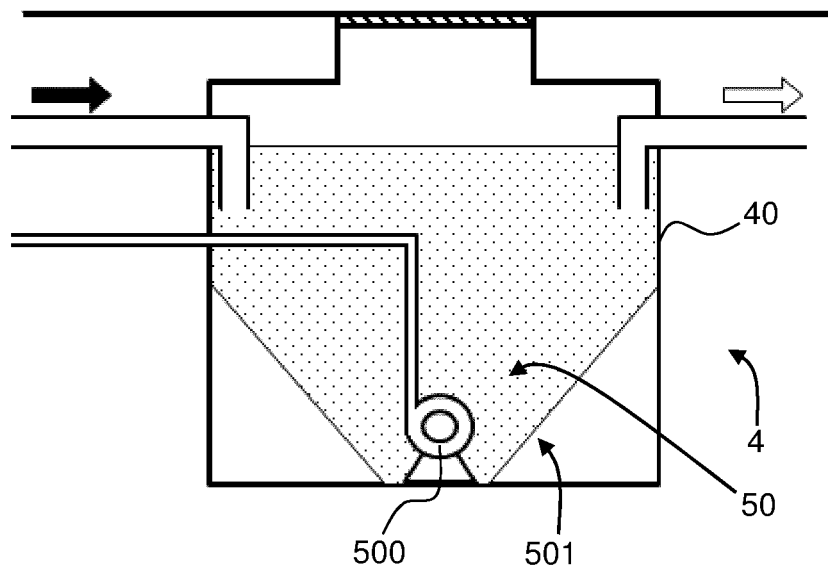
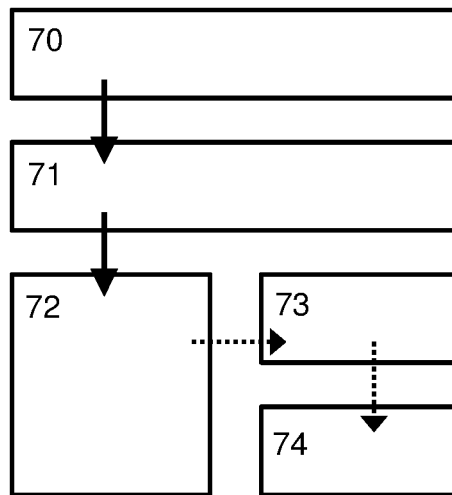


Fig. 5



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

FR 2 989 368 A1 (BONNOTTE DANIEL [FR]) 18 octobre 2013 (2013-10-18)

CN 104 692 598 A (WATER RESOURCES RES INST SHANDONG PROVINCE) 10 juin 2015 (2015-06-10)

CN 106 746 190 A (UNIV ZHEJIANG TECHNOLOGY) 31 mai 2017 (2017-05-31)

KR 101 110 710 B1 (JEONG SU WON [KR]; YEO IN BONG [KR]) 22 février 2012 (2012-02-22)

WO 2016/110657 A1 (VOISIN J [FR]) 14 juillet 2016 (2016-07-14)

US 3 480 144 A (BARTH EDWIN F ET AL) 25 novembre 1969 (1969-11-25)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT