

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 146 674**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **23 02447**

⑤1 Int Cl⁸ : **C 02 F 3/00 (2023.01), C 02 F 3/34, 3/32**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 **Date de dépôt** : 16.03.23.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 20.09.24 Bulletin 24/38.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

Demande(s) d'extension :

⑦1 **Demandeur(s)** : E.R.S.E. SAS — FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : BAILLARD Philippe et FOURNEL Julien.

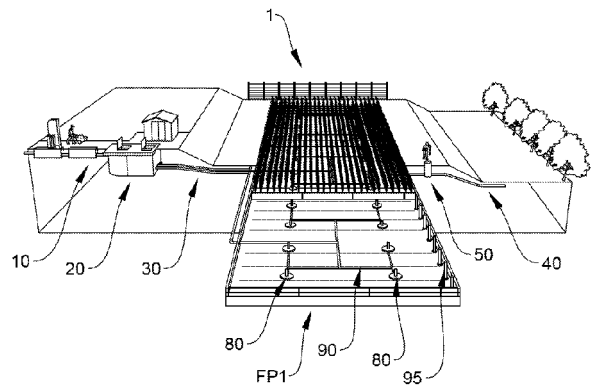
⑦3 **Titulaire(s)** : E.R.S.E. SAS.

⑦4 **Mandataire(s)** : IPSIDE.

⑤4 **Dispositif de traitement des eaux usées par filtre planté équipé d'un dispositif d'injection de bactéries dans un ouvrage de prétraitement de type chasse ou poste.**

⑤7 L'invention concerne un dispositif (1) de traitement des eaux usées par filtre planté de végétaux de préférence du type roseaux, comportant au moins un premier étage (FP1) de filtre planté comprenant une pluralité de couches filtrantes à base de substrat minéral dont une couche supérieure de type gravier fin, destinée à accueillir les végétaux, une couche de transition juste en-dessous de la couche supérieure et du type constituée de graviers filtrants plutôt fins de granulométrie plus étendue que celle de la couche supérieure, et au moins une couche de fond dite drainante du type à graviers grossiers, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, en amont dudit filtre, au moins un premier ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage équipé d'un dispositif totalement immergé (100) d'injection de microbulles d'air créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le premier étage (FP1) de filtre planté et d'un dispositif d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire.

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



FR 3 146 674 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de traitement des eaux usées par filtre planté équipé d'un dispositif d'injection de bactéries dans un ouvrage de prétraitement de type chasse ou poste

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un dispositif de traitement d'eaux usées par filtres plantés de végétaux du type roseaux, c'est-à-dire un dispositif d'épuration d'eaux usées comportant au moins un filtre à base de graviers et de sable utilisant des végétaux de type roseaux phragmite Australis pour notamment favoriser l'infiltration des eaux à traiter. L'invention se rapporte plus spécifiquement à des filtres à écoulement vertical, variablement saturé ou non.

Technique antérieure

[0002] Apparu en France dans les années 80, le traitement par filtres à écoulement vertical plantés de macrophytes tels que des roseaux (FPR) connaît, depuis la fin des années 90, un développement croissant. Ce procédé rustique, fiable et écologique s'appuie sur des mécanismes naturels pour l'épuration des eaux usées domestiques issues de réseaux collectifs comme la filtration, l'activité des micro-organismes ou encore l'assimilation par les plantes.

[0003] Particulièrement prisé par les élus et adapté pour l'assainissement collectif des petites communes (entre 30 et 2000 équivalents habitants - EH), ce système, désormais reconnu par les instances décisionnelles et réglementaires, présente de nombreux avantages :

- Production très faible de boues résiduelles,
- Aucun risque d'odeurs,
- Nuisances sonores quasiment inexistantes,
- Pas de développement de larves de moustiques,
- Parfaite intégration paysagère,
- Très bonne acceptation de la part des habitants,
- Entretien facile et peu coûteux,
- Très bonnes performances épuratoires, et
- Bonne adaptation.

[0004] Cette technique est réalisée selon le principe de l'épuration biologique principalement aérobie dans des milieux granulaires de granulométrie fine à grossière. Plus précisément, ce type de dispositif comporte en général au moins un étage de filtre rempli de différentes couches de substrat minéral et dans lequel sont plantés des végétaux, les plus répandus étant les roseaux de type Phragmites Australis. Le

dispositif est souvent complété par des drains de collecte des eaux épurées.

- [0005] Usuellement, les couches successives depuis le fond du filtre jusqu'en haut du filtre sont constituées d'une couche de graviers de gros diamètre, d'une couche de graviers grossiers (granulométrie médiane), et d'une couche de graviers fins ou de sable dans laquelle sont plantés les roseaux.
- [0006] La couche de graviers grossiers ou de sable dans laquelle se situe le système racinaire des végétaux est une zone aérée, servant de support aux bactéries aérobies qui vont permettre une dégradation de la matière organique. Les roseaux ayant par ailleurs des rhizomes très développés, ils participent, dans une proportion limitée, à cet apport d'oxygène pour les bactéries. En outre, les roseaux, de par leur mouvement naturellement oscillant (effet d'une bise ou du vent), ont une action de fragmentation sur la couche de boue formée à la surface du filtre, évitant le colmatage de la surface du filtre et garantissant l'infiltration pérenne des effluents.
- [0007] De manière résumée, le fonctionnement d'un tel dispositif est le suivant : les eaux usées sont déversées en surface du filtre (ce qu'on nomme usuellement par le terme « bâchée »), les bactéries assurent le processus de dégradation de la matière organique des eaux usées, l'effluent circule par percolation verticale à travers les couches granulaires jusqu'au drainage qui collecte les eaux filtrées/traitées pour être évacuées en sortie du drain hors du filtre en fin de traitement. La bâchée s'infiltré de manière générale à travers le massif de plantes en seulement quelques minutes.
- [0008] Le développement racinaire des plantes utilisées accroît la surface de fixation pour le développement des micro-organismes. A cet accroissement de surface active s'ajoute un facteur de stimulation de l'activité, de la diversité et de la densité des micro-organismes car les tissus racinaires des plantes constituent des niches plus accueillantes que des substrats minéraux inertes. Enfin, le métabolisme des plantes influence également plus ou moins le traitement en fonction des surfaces mises en jeu.
- [0009] Selon une pratique répandue mais non nécessaire, il est connu d'utiliser deux filtres consécutifs à écoulement vertical pour réaliser un traitement adéquat. On parle alors de station d'épuration à deux étages. La superficie des filtres dépend normalement du nombre d'habitants. Il faut en général compter une superficie utile pour le premier filtre comprise entre 1,2 et 1,5 m²/habitant et pour le second filtre comprise entre 0,8 et 1 m²/habitant, soit entre environ 2 et 2,5 m²/habitant (et entre 4 et 8 m² de surface totale, la surface utile d'un filtre étant souvent égale à environ la moitié de la surface totale utilisé). Le second filtre, placé à une altitude inférieure ou égale à celle du premier filtre, permet de réaliser un traitement qui répondra à un niveau réglementaire de traitement plus sévère, essentiellement en retenant et en dégradant l'azote ammoniacal qui est peu ou partiellement retenu au niveau du premier filtre supérieur. Par conséquent, on parvient rapidement à utiliser des surfaces de traitement relativement

grandes, pouvant par exemple atteindre 1000 à 1500 m² pour une station de traitement des eaux usées d'une capacité de 500 équivalents-habitants. On notera également que la surface brute d'une station composée de deux étages évolue en fonction de la capacité de la station et se stabilise à environ 4 m²/habitant à partir de 500 habitants.

- [0010] Toutefois, les performances de la filière classique étant maintenant bien connues et un retour d'expérience de plusieurs décennies permettant d'offrir un panel de solutions garantissant des niveaux de rejet adéquats en fonction des spécificités de chaque projet, les traitement par filtres à écoulement vertical plantés de roseaux décrits précédemment présentent des limites, tant du point de vue de l'élimination des polluants majeurs que des surfaces au sol nécessaires à son implantation.
- [0011] En particulier, l'élimination des principaux nutriments (azote, phosphore) demeure une préoccupation constante pour l'ensemble des acteurs publics et privés concernés. Ainsi, l'élimination de l'azote se veut une piste majeure d'optimisation du point de vue des performances atteignables, du fait des mécanismes biologiques en jeu et des paramètres limitant associés (compétition bactérienne, besoins en oxygène). En parallèle, l'élimination du phosphore s'avère plus complexe dès lors que les mécanismes d'élimination biologique (limités au sein des filtres plantés de roseaux) ou physico-chimiques sont connus mais mal maîtrisés, et que les performances intrinsèques de la filière sont très limitées.
- [0012] Problématique azote
- [0013] Le paramètre « azote » demeure un élément majeur parmi les pistes d'optimisation des performances épuratoires, tant il apparaît sensible aux paramètres extérieurs et à la compétition bactérienne hétérotrophe (dégradation du carbone notamment).
- [0014] Les principaux mécanismes d'élimination de l'azote présentent à la fois des composantes aérobies et anoxiques :
- Ammonification : transformation aérobie de N organique en N-NH₄,
 - Nitrification : transformation aérobie de N-NH₄ en nitrates N-NO₃, sensible aux concentrations en oxygène dissous ainsi qu'aux conditions redox, de température et de pH,
 - Dénitrification : transformation anoxique de N-NO₃ en N₂, nécessitant l'absence d'oxygène dissous et des temps de séjour de plusieurs heures au sein d'une zone saturée en eau.
- [0015] L'atteinte de niveaux de performances élevés en termes de rendement minimal, que ce soit sur l'azote global (NGL), l'azote ammoniacal (N-NH₄) ou l'azote Kjeldahl (NTK), ne peut cependant être effective sans la mise en place de filières complexes composées de plusieurs étages de traitement associés à un dimensionnement spécifique (recirculation, saturation partielle ou totale d'un massif, utilisation de matériaux filtrants spécifiques).

- [0016] Ces niveaux de traitement élevés sont donc souvent associés à une emprise foncière importante et la mise en place d'équipements, matériaux ou ouvrages spécifiques coûteux tant en investissement qu'en fonctionnement et renouvellement (poste de recirculation, matériaux spécifiques adsorbants, etc.).
- [0017] La philosophie de la présente invention vise donc le développement de filières de traitement à la fois plus compactes, plus simples en conception et entretien, et plus performantes d'un point de vue des rendements obtenus.
- [0018] Les problématiques de recherche actuelles concernent donc notamment :
- L'amélioration de la nitrification afin d'atteindre des niveaux de rejet sur le NTK < 5 mg/l et sur le N-NH₄ < 3 mg/l, et
 - L'amélioration de la dénitrification au sein d'une zone saturée conjuguant l'absence d'oxygène dissous, une concentration élevée en nitrates N-NO₃ et une quantité suffisante de carbone disponible, afin d'atteindre une concentration de sortie N-NO₃ < 10 mg/l.
- [0019] L'objectif de traitement visé dans le cadre du présent projet s'élève à NGL < 15 mg/l en sortie de station.
- [0020] Problématique phosphore
- [0021] Par ailleurs, depuis la mise en place de la filière « filtres plantés » au sein du parc français, le paramètre « phosphore » est identifié comme celui sur lequel les leviers d'élimination sont limités, la plupart du temps aux phénomènes de rétention physico-chimiques fortement liés à l'hydraulique et aux caractéristiques minéralogiques des matériaux.
- [0022] Les différentes composantes du phosphore au sein des eaux usées sont récapitulées ci-dessous :
- Phosphore inorganique : essentiellement des polyphosphates, ainsi que des orthophosphates P-PO₄ (majoritaires) dont une part provient de l'hydrolyse des premiers,
 - Phosphore organique : phospho-lipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP, etc.
- [0023] Les principaux mécanismes d'élimination du phosphore, au sein de la filière, sont les suivants :
- Assimilation végétale, à raison de 30 à 150 kg de phosphore par habitant et par an, soit un prélèvement négligeable au des concentrations d'entrée (1 à 2% du Pt éliminé),
 - Adsorption du phosphore sur les matériaux filtrants (spécifique et non-spécifique),
 - Précipitation du phosphore à la surface des grains (phénomène principal).
- [0024] Dans ce cadre, les filtres plantés demeurent une solution fiable et pérenne dès lors que le milieu récepteur requiert d'atteindre les niveaux de rejet suivants en sortie STEP :
- Pt ≤ 10 mg/l
OU

Rendement $\geq 30\%$

- [0025] Dans le cadre de performances requises plus élevées, d'autres filières sont privilégiées (bio-disques, boues activées), malgré l'intérêt notable des filtres plantés en milieu rural ou semi-urbain, car les performances sur le long terme sont assez limitées.
- [0026] Dès lors, une réflexion s'impose au regard de l'évolution des normes de rejet réglementaires, afin de pérenniser la filière parmi les filières leaders dans le cadre du maillage territorial français.
- [0027] Les projets de développement en cours, concernant la problématique « phosphore et FPR », reposent principalement sur l'optimisation de la rétention physico-chimique du phosphore. Ainsi, il en résulte de nombreux travaux sur des matériaux spécifiques permettant de maximiser les surfaces de contact et les réactions physico-chimiques.
- [0028] Bien qu'intéressantes, ces pistes posent la question de la durée de vie des matériaux et de leur usage ultérieur lorsqu'ils devront être remplacés.
- [0029] Le présent projet vise à étudier la piste d'une déphosphatation par voie biologique, permettant de disposer d'une ressource quasi-infinie. La combinaison de bactéries spécifiques, de microalgues et microorganismes variés, placés en environnement adapté (température, pH, charge hydraulique appliquée), s'avère une piste prometteuse.
- [0030] L'objectif de traitement visé dans le cadre du présent projet s'élève à $Pt < 2 \text{ mg/l}$ en sortie de station.
- [0031] Les travaux de recherche actuels sur la filière visent donc à l'amélioration des performances sur les paramètres azote et phosphore, par développement de traitement annexes à combiner avec les différentes filières de filtres plantés, à un ou deux étages.

Présentation de l'invention

- [0032] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients avec une approche totalement novatrice, plus efficace que les solutions de l'art antérieur, sans accroissement de surface brute/utile, et en améliorant notablement la qualité des eaux traitées.
- [0033] Plus précisément, l'objet de la présente invention concerne l'amélioration du traitement épuratoire par injection de bactéries spécifiques ciblant l'élimination des polluants dissous tels que l'azote et le phosphore.
- [0034] A cet effet, selon un premier aspect, la présente invention se rapporte à un dispositif de traitement des eaux usées par filtre planté de végétaux de préférence du type roseaux, ledit dispositif comportant au moins un premier étage de filtre planté comprenant une pluralité de couches filtrantes à base de substrat minéral dont une couche supérieure à graviers fins destinée à accueillir les végétaux, une couche de transition à graviers de granulométrie médiane disposée en-dessous de la couche supérieure, et une couche de fond drainante à graviers grossiers, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, en amont dudit filtre, au moins un premier ouvrage d'alimentation

de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage équipé d'un dispositif d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire.

- [0035] La solution est ainsi de considérer les ouvrages d'alimentation des massifs filtrants (chasses, postes d'injection), non seulement comme des ouvrages de stockage et bâchée, mais également comme des ouvrages de prétraitement. Pour cela, ils doivent être considérés comme des réacteurs biologiques, au sein desquels se déroulent les processus de dégradation de la matière organique et des divers nutriments présents dans les eaux usées, préalablement à leur acheminement vers les massifs filtrants.
- [0036] Il s'agit, dès lors, d'agir sur l'effluent en amont du traitement principal au sein des massifs filtrants, via un traitement préliminaire faisant office de catalyseur et complément des réactions déjà connues.
- [0037] L'invention est mise en œuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposées ci-après, lesquelles sont à considérer individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.
- [0038] Avantagusement, le réacteur biologique de traitement préliminaire comporte au moins un réservoir de bactéries de type aérobie stricte, une pompe doseuse et une canalisation de transport des bactéries du réservoir vers l'ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste.
- [0039] De préférence, le réacteur biologique de traitement préliminaire comporte au moins un organe de mélange de concentrats interposé entre le réservoir et la pompe.
- [0040] Selon un mode de réalisation particulier de la présente invention, le réacteur biologique de traitement préliminaire est placé au sein d'une chambre à vannes attenante au réservoir d'alimentation de type chasse ou poste.
- [0041] Selon une alternative de conception, le réacteur biologique de traitement préliminaire est placé sur une dalle surplombant le réservoir d'alimentation de type chasse ou poste.
- [0042] Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, les bactéries sont choisies parmi des bactéries nitrifiantes pures ou un mélange combiné de bactéries nitrifiantes et déphosphatantes, avec une proportion de de 20% à 80% de bactéries nitrifiantes.
- [0043] De préférence, les souches de bactéries utilisées dans la formulation nitrifiantes sont de type Nitrobacter et/ou Nitrosomonas.
- [0044] Pour la formulation contre le phosphate, on utilisera un « consortium » de Bacillus produit de préférence exclusivement par HTS bio qui séquestre conjointement l'azote et le phosphore via l'assimilation de matière organique, et qui peut s'accompagner de la séquestration d'azote et de phosphore libre. On pourra ajuster le dosage en fonction des performances observées dans le système concerné, jusqu'à atteindre l'ensemble des objectifs.

- [0045] De manière avantageuse, le premier ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage est en outre pourvu d'un premier dispositif totalement immergé d'injection de microbulles d'air créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le premier étage de filtre planté.
- [0046] Selon un mode de réalisation spécifique de la présente invention, le dispositif comporte :
- un deuxième étage de filtre planté similaire au premier étage de filtre planté et placé en aval et à un niveau inférieur ou égal à celui-ci, selon le sens de circulation des eaux à traiter, et
 - un deuxième ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage similaire au premier ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste, ledit deuxième ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste étant interposé entre la sortie du premier étage de filtre planté et l'entrée du deuxième étage de filtre planté et équipé d'un second dispositif d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes constituant un second réacteur biologique de traitement préliminaire.
- [0047] De manière avantageuse, l'ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage est en outre pourvu d'un deuxième dispositif totalement immergé d'injection de microbulles d'air créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le deuxième étage de filtre planté.
- [0048] Selon un aspect complémentaire, chaque dispositif totalement immergé d'injection de microbulles d'air comporte au moins une rampe de diffusion percée de microperforations et reliée à un dispositif de production d'air tel qu'un compresseur ou une soufflante.

Brève description des figures

- [0049] D'autres avantages, buts et caractéristiques de la présente invention ressortent de la description qui suit faite, dans un but explicatif et nullement limitatif, en regard des dessins annexés, dans lesquels :
- [0050] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue en coupe d'un dispositif de traitement des eaux usées conforme à la présente comportant un étage de filtre planté et un ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage équipé d'un dispositif de micro-aération et d'un dispositif d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou dénitrifiantes constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire,
- [0051] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue similaire à la [Fig.1] mais comportant deux étages de filtre planté et deux ouvrages d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage équipés chacun d'un dispositif de micro-aération et d'un dispositif

d'injection de bactéries à base de nitrates constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire,

[0052] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'un ouvrage d'alimentation de type poste en forme de cuve de stockage équipé du réacteur biologique de traitement préliminaire,

[0053] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'un ouvrage d'alimentation de type chasse en forme de cuve de stockage équipé du réacteur biologique de traitement préliminaire,

[0054] [Fig.5] la [Fig.5] est une variante de réalisation de la [Fig.3],

[0055] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue variante de réalisation de la [Fig.4],

[0056] [Fig.7] la [Fig.7] est une vue de détail du réacteur biologique de traitement préliminaire,

[0057] [Fig.8] la [Fig.8] est une vue de détail du dispositif de micro-aération,

[0058] [Fig.9] la [Fig.9] est une vue de détail d'un dispositif totalement immergé d'injection de microbulles d'air implanté au fond d'un ouvrage d'alimentation de type chasse ou poste,

[0059] [Fig.10] la [Fig.10] est une variante de la [Fig.9], et

[0060] [Fig.11] la [Fig.11] est une vue variante de la [Fig.10].

Description des modes de réalisation

[0061] La présente description est donnée à titre non limitatif, chaque caractéristique d'un mode de réalisation pouvant être combinée à toute autre caractéristique de tout autre mode de réalisation.

[0062] On note, dès à présent, que les figures ne sont pas nécessairement à l'échelle, sans que cela nuise à leur compréhension.

[0063] Dans la suite de la description, le terme de « hauteur », les qualificatifs « supérieur », « inférieur », « haut » et « bas » d'un élément ou d'une couche sont utilisés dans le cadre d'une installation normale du dispositif, c'est-à-dire relative à une notion verticale par rapport à un sol dans lequel est agencé le filtre pour réaliser une percolation verticale.

[0064] La [Fig.1] représente un dispositif 1 conforme à la présente invention pour le traitement des eaux usées domestiques issues principalement de réseaux collectifs unitaires ou séparatifs. Les valeurs et dimensions données ici ne sont qu'arbitraires et peuvent varier selon le terrain sur lequel est implanté le dispositif (pente notamment), le nombre d'habitants dont les eaux usées doivent être traitées avec le dispositif, la latitude d'implantation, la température/l'hygrométrie extérieure, le type de plantes choisies, etc.

[0065] Ce dispositif 1 de traitement des eaux usées domestiques comprend, selon le sens de

circulation des effluents à traiter entre le point haut d'entrée et le point bas de sortie, une arrivée 10 des effluents non traités, provenant par exemple du réseau des eaux usées d'habitations, un premier ouvrage d'alimentation 20 de type chasse ou poste, un premier tuyau 30 de circulation des effluents vers un premier étage FP1 de filtre planté de roseaux (FPR), un tuyau 40 de sortie des effluents traités par le premier étage FP1 de filtre planté de roseaux (FPR) et un regard 50 communiquant avec ce tuyau de sortie 40.

[0066] Le premier étage FP1 de filtre planté de roseaux est destiné à filtrer des eaux usées selon un fonctionnement de percolation verticale variablement saturé ou non. Ce premier étage FP1 comporte des couches composées chacune de substrat minéral, agencées les unes au-dessus des autres, des moyens de drainage et d'évacuation, des moyens d'aération, et la sortie 40 pour acheminer les eaux filtrées hors du filtre.

[0067] Les différentes couches disposées dans le premier étage FP1 de filtre planté depuis le haut vers le bas sont par exemple :

- Une couche filtrante supérieure composée de graviers fins, par exemple de granulométrie comprise entre environ 2 et 4 mm, cette couche étant destinée à assurer une filtration fine des eaux usées et étant également le siège de l'enracinement des roseaux. Cette couche filtrante supérieure vise à retenir la majorité des matières en suspension et dégrader la majeure partie de la matière organique. L'épaisseur de cette couche est typiquement comprise entre environ 30 et 40 cm. La bâchée est déversée dans le filtre de manière connue via la canalisation de sortie 30 (qui peut se diviser en plusieurs sous conduites réparties sur la largeur du filtre) et éventuellement des jets de répartition d'eau ;

- Une couche filtrante inférieure composée de graviers de granulométrie comprise entre environ 2 à 6,3 mm. Cette couche filtrante inférieure vise à éliminer la matière organique résiduelle et l'azote ammoniacal. Elle est aussi le siège de la zone de marnage favorisant la rétention des polluants azotés. L'épaisseur de cette couche est typiquement comprise entre environ 30 et 40 cm ;

- Une couche intermédiaire composée d'un gravier grossier de granulométrie comprise entre environ 4 et 20 mm. L'épaisseur de cette couche est de préférence d'environ 20 cm ;

- Une couche drainante de graviers de granulométrie comprise entre environ 20 à 40 mm. L'épaisseur de cette couche est d'environ 20 cm. Les couches intermédiaire et drainante correspondent à la zone saturée (constamment saturée) en fond de massif, siège des réactions anoxiques. La saturation en eau de ces couches et l'effet de marnage selon l'épaisseur de la couche de zéolite sont rendues possibles grâce à l'ouvrage de régulation du débit 20.

[0068] Une couche de zéolite composée de matériaux de granulométrie comprise entre

environ 2 et 5 mm peut être prévue entre la couche inférieure filtrante et la couche intermédiaire. Cette couche de zéolite est mise en place uniquement dans la configuration de traitement optimisé de l'azote, et présente une épaisseur comprise de préférence entre environ 5 et 15 cm. Elle est le siège du marnage (saturation temporaire) dans ce cas précis.

- [0069] La couche drainante comporte des moyens de drainage connus en soi et comportant par exemple une pluralité de drains espacés et répartis sur la totalité de la surface de fond du filtre et un drain collecteur relié aux autres drains et acheminé jusqu'à la sortie 40 du premier étage FP1 de filtre planté.
- [0070] Les moyens d'aération comportent des cheminées 95 et des moyens d'acheminement 90 qui sont reliés auxdites cheminées, et délivrent de l'air extérieur au sein des couches filtrantes supérieure et inférieure, ainsi que pour la couche en zéolite lorsqu'elle est présente.
- [0071] Les moyens d'acheminement sont par exemple des drains de diamètre 100 mm. Ils traversent la couche supérieure et sont positionnés à la surface de la couche filtrante inférieure. Dans la variante pour le traitement optimisé de l'azote, la couche de zéolite, qui correspond à la zone de marnage, a particulièrement besoin d'apports en oxygène (O_2) afin que l'azote ammoniacal ($N-NH_4$), qui s'adsorbe sur la zéolite, se dégrade avec l'oxygène pour se transformer en nitrates ($N-NO_3$). Les cheminées 95 sont régulièrement réparties à la surface extérieure du filtre FP1. Elles sont en général associées par paires en étant situées aux deux extrémités d'un drain. Enfin, selon l'invention, le dispositif comporte l'ouvrage 20 de régulation du débit d'évacuation des eaux traitées du filtre décrit ci-après.
- [0072] Ce premier ouvrage d'alimentation 20 de type chasse ou poste est structurel et comporte une cuve en béton 21 semi enterrée recouverte d'une dalle supérieure 22 et une chambre 24 à vannes de manière à former un réservoir relié à la canalisation d'arrivée 10 et à la canalisation de sortie 30 d'alimentation des massifs. Ce premier ouvrage 20 constitue un moyen structurel de régulation du débit d'eau acheminé vers le premier étage de filtre planté FP1.
- [0073] La cuve en béton 21 est fermée au moins en son fond et selon ses parois périphériques verticales. Cette cuve 21 renferme un ensemble de pompes 25 de circulation des effluents ou un dispositif 26 de vidange de chasse entrant par l'intermédiaire de la canalisation d'arrivée 10 et sortant en direction du premier étage FP1 de filtre planté par l'intermédiaire de la canalisation de sortie 30.
- [0074] La cuve 21 renferme également un dispositif 100 totalement immergé d'injection de microbulles d'air (voir [Fig.8]) créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le premier étage FP1 de filtre planté. Ce dispositif 100 d'injection de microbulles d'air comporte au moins une

rampe de diffusion percée de microperforations et reliée à un dispositif de production d'air tel qu'un compresseur ou une soufflante de type connu.

- [0075] Comme illustré sur la [Fig.8], la rampe microperforée de diffusion 110 est solidaire d'un lest 140 et présente une multitude de microperforations 120, par exemple sous formes de rangées parallèles. La rampe est reliée à un dispositif de production d'air 130 tel qu'un compresseur ou une soufflante de type connu, par exemple de marque BIBUS ®.
- [0076] Le débit d'air du dispositif d'injection de microbulles d'air est compris entre environ 2,5 et 50 litres/minute/mètre de diffuseur /tube, et de préférence entre environ 5 et 20 litres/minute/mètre de diffuseur/tube. Le taux de transfert d'oxygène du dispositif d'injection de microbulles d'air est compris entre environ 0,04 et 0,08 kg d'O₂ / heure/mètre de diffuseur/tube, et préférentiellement entre environ 0,05 et 0,07 kg d'O₂ / heure/mètre de diffuseur/tube.
- [0077] Plus la hauteur de la colonne d'eau est importante, plus le taux de transfert d'oxygène sera favorisé. De même, plus le volume d'air injecté dans la rampe microperforée de diffusion 110 sera élevé, plus le brassage sera conséquent.
- [0078] La rampe microperforée de diffusion 110 présente par exemple la forme d'un tube flexible renforcé d'une gaine interne tressée en polyester, lui permettant de résister à l'éclatement et de garder sa forme, et muni d'orifices 120. On choisira de préférence un tuyau renforcé auto-callant, résistant aux rayons UV, à une grande gamme de produits chimiques, de salinité, de variations de pH et de température. La paroi épaisse du tuyau aide à prévenir la perforation, l'étirement, l'entortillement et contribue à son lestage.
- [0079] Conformément à la présente invention, le premier ouvrage d'alimentation 20 est en outre pourvu d'un dispositif 200 d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes comportant une canalisation 203 plongeant vers le fond dudit ouvrage et constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire.
- [0080] Plus précisément, comme illustré sur la [Fig.3] montrant plus en détail un ouvrage d'alimentation 20 de type poste, le réacteur biologique de traitement préliminaire 200 est placé sur la dalle supérieure 22 de ce dernier.
- [0081] La [Fig.4] illustre quant à elle une alternative dans laquelle le réacteur biologique de traitement préliminaire 200 d'injection de nitrifiantes et/ou déphosphatantes est placé sur la dalle supérieure 22 d'un ouvrage d'alimentation 20 de type chasse.
- [0082] Sur la [Fig.5], le réacteur biologique de traitement préliminaire 200 est placé dans la chambre 24 à vannes de l'ouvrage d'alimentation 20 de type poste.
- [0083] Sur la [Fig.6], illustrant une variante de réalisation, le réacteur biologique de traitement préliminaire 200 est placé dans la chambre 24 à vannes de l'ouvrage d'alimentation de 20 type chasse.

- [0084] La [Fig.7] montre le dispositif 200 d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes et comporte principalement un réservoir 201 de bactéries, de type aérobie stricte et une pompe doseuse 202 reliée à la canalisation 203 de transport des bactéries du réservoir 201 vers l'ouvrage d'alimentation 20 de type poste ou chasse. Un organe 205 de mélange de concentrats est interposé entre le réservoir 201 et la pompe doseuse 202 pour une meilleure homogénéisation de la solution bactérienne. Le réacteur biologique de traitement préliminaire 200 comporte également un minuteur/programmateur 206 relié à l'organe 205 de mélange de concentrats et une alimentation électrique 207 reliée à ce dernier et à la pompe doseuse 202.
- [0085] La pompe doseuse 202 est par exemple de type électromagnétique à membrane d'environ 25W de puissance, fonctionnant à une pression d'environ 16 bar et avec un débit d'environ 3,6 l/h. Le réservoir 201 est par exemple en matière plastique tel que du polyéthylène translucide, avec un volume de plusieurs dizaines de litres.
- [0086] La nature du concentrat est de préférence spécifique à chaque cas rencontré (nombre d'habitants, type d'effluents traités, surface effective de traitement, volume à traiter, dénivelé du terrain, etc.), est fonction des objectifs sur les paramètres azote et phosphore. Les bactéries injectées, non pathogènes pour l'homme comme pour l'environnement, pourront être de 2 types :
- Soit nitrifiantes pures, en cas de traitement spécifique de l'azote sans contrainte sur le paramètre phosphore,
 - Soit un mélange combiné de composition spécifique (bactéries nitrifiantes et bactéries déphosphatantes) en cas de traitement combiné azote /phosphore avec abattement complémentaire de la matière organique carbonée, avec un taux d'environ 20 à 80% de bactéries nitrifiantes.
- [0087] Les souches de bactéries utilisées dans la formulation nitrifiantes sont de type Nitrobacter et/ou Nitrosomonas.
- [0088] Pour la formulation contre le phosphate, on utilise un « consortium » de Bacillus produit de préférence exclusivement par HTS bio qui séquestre conjointement l'azote et le phosphore via l'assimilation de matière organique, et qui peut s'accompagner de la séquestration d'azote et de phosphore libre. Dans ce cas, le dosage est ajusté en fonction des performances observées dans le système concerné, jusqu'à atteindre l'ensemble des objectifs.
- [0089] Les techniques de synthèse bactérienne actuelles offrent la possibilité de moduler la composition du mélange bactérien afin d'obtenir un concentrat sur-mesure, adapté à chaque projet (nature et quantités des bactéries du concentrat).
- [0090] Quelle que soit la nature du concentrat, une concentration en oxygène dissous de 4 à 6 mg/l est assurée au sein de la cuve de stockage 20 à l'aide notamment du dispositif 100 immergé d'injection de microbulles d'air afin de maximiser la croissance bac-

térienne aérobie.

- [0091] Enfin, quel que soit le concentrat utilisé, celui-ci aura également une influence sur l'élimination de la matière organique carbonée.
- [0092] Le fonctionnement du dispositif 1 de traitement des eaux usées est le suivant :
Les eaux usées issus des habitations arrivent dans le premier ouvrage 20 d'alimentation de type chasse par l'intermédiaire de la canalisation d'entrée 10. Ces eaux sont aérées grâce au dispositif 100 immergé d'injection de microbulles d'air qui crée un brassage permanent permettant une suroxygénation des eaux usées (taux de saturation en O₂) avant leur passage, par l'intermédiaire de la canalisation de sortie 30, dans le premier étage FP1 de filtre planté dont le fonctionnement est connu et ne sera pas décrit ici (se reporter à la partie introductive). Les eaux traitées par ce premier étage FP1 de filtre planté sortent par la canalisation de sortie 40.
- [0093] L'effet de la micro-aération permet de favoriser les processus aérobie, en considérant les ouvrages de chasse ou poste non seulement comme des ouvrages de stockage mais également comme des réacteurs biologiques de traitement préliminaire. Ce phénomène induit une dégradation de la matière organique (DCO, DBO5) dès l'arrivée des effluents bruts sur la station au sein de l'ouvrage d'alimentation 20 et non plus uniquement au sein des massifs filtrants FP1.
- [0094] L'impact de cette solution permet une optimisation de la nitrification (transformation aérobie des ions ammonium NH₄⁺ en ions nitrates NO₃⁻) dès le premier étage de filtre planté FP1 et une optimisation de l'élimination du phosphore (orthophosphates PO₄³⁻ et phosphore organique), avec, en particulier, une amélioration du traitement biologique (suraccumulation au sein de la biomasse).
- [0095] De plus la suroxygénation favorise la réalisation des processus aérobie pour des performances optimisées à la fois sur la matière organique et sur les nutriments.
- [0096] Selon une variante de réalisation illustrée par la [Fig.2], le dispositif 1 de traitement des eaux usées domestiques comprend quant à lui, selon le sens de circulation des effluents à traiter entre le point d'entrée haut et le point de sortie bas :
- une arrivée 10 des effluents non traités, provenant par exemple du réseau des eaux usées d'habitations,
 - un premier ouvrage d'alimentation 20 de type chasse ou poste, constitué par au moins une cuve 21 en béton semi enterrée recouverte d'une dalle supérieure 22 et comportant une chambre 24 à vannes,
 - un premier tuyau 30 de circulation des effluents vers un premier étage FP1 de filtre planté de roseaux (FPR),
 - un tuyau 40 de sortie des effluents traités par le premier étage FP1 de filtre planté de roseaux (FPR),
 - et un deuxième ouvrage d'alimentation 60 de type chasse ou poste identique à

l'ouvrage 20 et installé en sortie du tuyau 40 de sortie des effluents traités, et une deuxième canalisation de sortie 70 de circulation des effluents traités en direction d'un deuxième étage FP2 de filtre planté de roseaux (FPR).

- [0097] Dans cette variante, les effluents traversent donc deux étages FP1 et FP2 de filtres plantés de roseaux (FPR), disposés à des altitudes différentes ou non, et deux ouvrages d'alimentation de type chasse ou poste 20 et 60, lesquels vont être décrits plus en détail ci-après.
- [0098] Plus précisément, les eaux usées issues des habitations arrivent dans le premier ouvrage 20 d'alimentation de type chasse ou poste par l'intermédiaire de la canalisation d'entrée 10. Ces eaux sont aérées grâce au premier dispositif 100 immergé d'injection de microbulles d'air qui crée un brassage permanent ou régulé permettant une suroxygénation des eaux usées avant leur passage, par l'intermédiaire de la canalisation de sortie 30, dans le premier étage FP1 de filtre planté dont le fonctionnement est décrit précédemment. Les eaux traitées par ce premier étage FP1 de filtre planté sortent par la canalisation de sortie 40 et aboutissent directement dans le deuxième ouvrage 60 d'alimentation de type chasse ou poste. Ces eaux déjà filtrées une première fois sont de nouveau aérées grâce au dispositif 100 immergé d'injection de microbulles d'air qui crée un brassage permanent ou régulé permettant une suroxygénation des eaux usées avant leur passage, par l'intermédiaire de la canalisation de sortie 70, dans le deuxième étage FP2 fonctionnant de la même façon que le premier filtre planté de roseaux FP1. Les eaux usées sont donc filtrées deux fois de manière verticale (de l'amont vers l'aval) et traversent également deux ouvrages d'alimentation de type chasse ou poste où elles sont sur oxygénées et brassées.
- [0099] Bien entendu, à chaque passage des eaux usées dans l'un puis l'autre des ouvrages d'alimentation 20 et 60 de type poste ou chasse, les bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes du réacteur 200 biologique de traitement préliminaire agissent pour réduire notablement les polluants dissous (azote, phosphore), cette action étant par ailleurs amplifiée (sans que cela soit nécessaire) par la création des bulles issues de la rampe microperforée de diffusion 110 qui permettent une meilleure oxygénation (taux de saturation en O₂).
- [0100] Le bullage permet d'atteindre à minima 40% de taux de saturation d'oxygénation ce qui améliore la dispersion et donc la croissance des bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes. Cette solution permet par conséquent de réduire le dosage en bactéries et donc le coût du traitement. Ainsi par exemple, il est possible d'obtenir un taux d'injection en bactéries de 35 ml/h avec un taux de saturation en oxygène de 40% mais 70 ml/h avec un taux de saturation en oxygène de 16%.
- [0101] Cette solution améliore également les performances de traitement en termes de DBO, DCO, et NTK.

[0102] Conformément aux figures 9 à 11, le dispositif 100 d'injection de microbulles d'air présente une forme de grille semi-rigide 150 présentant un contour externe sensiblement identique à celui du fond ou de la paroi de la cuve 21 de l'ouvrage d'alimentation 20 de type chasse ou poste dans laquelle il repose. Comme cela est également visible sur ces figures, la 150 grille est pourvue d'une multitude de rampes microperforées de diffusion 110 parallèles entre elles.

[0103] La grille plane semi-rigide présente ainsi une forme adaptée à l'ouvrage d'alimentation 20 de type chasse ou poste, par exemple rectangulaire ([Fig.9]) ou circulaire ([Fig.10]), et peut comporter plusieurs zones distinctes de formes différentes pourvues chacune de rampes microperforées de diffusion 110 parallèles et/ou perpendiculaires entre elles ([Fig.11]), certaines rampes pouvant être arrondies tandis que d'autres sont rectilignes.

[0104] Selon un exemple de réalisation, le tuyau présentera les caractéristiques suivantes :

[0105] - Diamètre extérieur : 2,54 cm,

[0106] - Diamètre intérieur : 1,27 cm,

[0107] - Poids : 0,32 kg/m,

[0108] - Débit d'air normal : 37 litres/minute/mètre,

[0109] - Taux de transfert : 0,061 kg d'O₂/heure/mètre,

[0110] - Pression de rupture : 5,5 bar,

[0111] - Nettoyage préconisé : à l'eau claire.

[0112] Après études comparatives entre le dispositif de la présente invention et des dispositifs de l'art antérieur, il a été constaté les améliorations suivantes :

- Conception sur-mesure,

- Installation aisée et permanente,

- Transfert d'oxygène très élevé (fines bulles),

- Faible coût d'opération (compresseur faible consommation),

- Pas de source électrique dans l'eau,

- Insonorisé.

[0113] Il doit être bien entendu que la description détaillée de l'objet de l'Invention, donnée uniquement à titre d'illustration, ne constitue en aucune manière une limitation, les équivalents techniques étant également compris dans le champ de la présente invention.

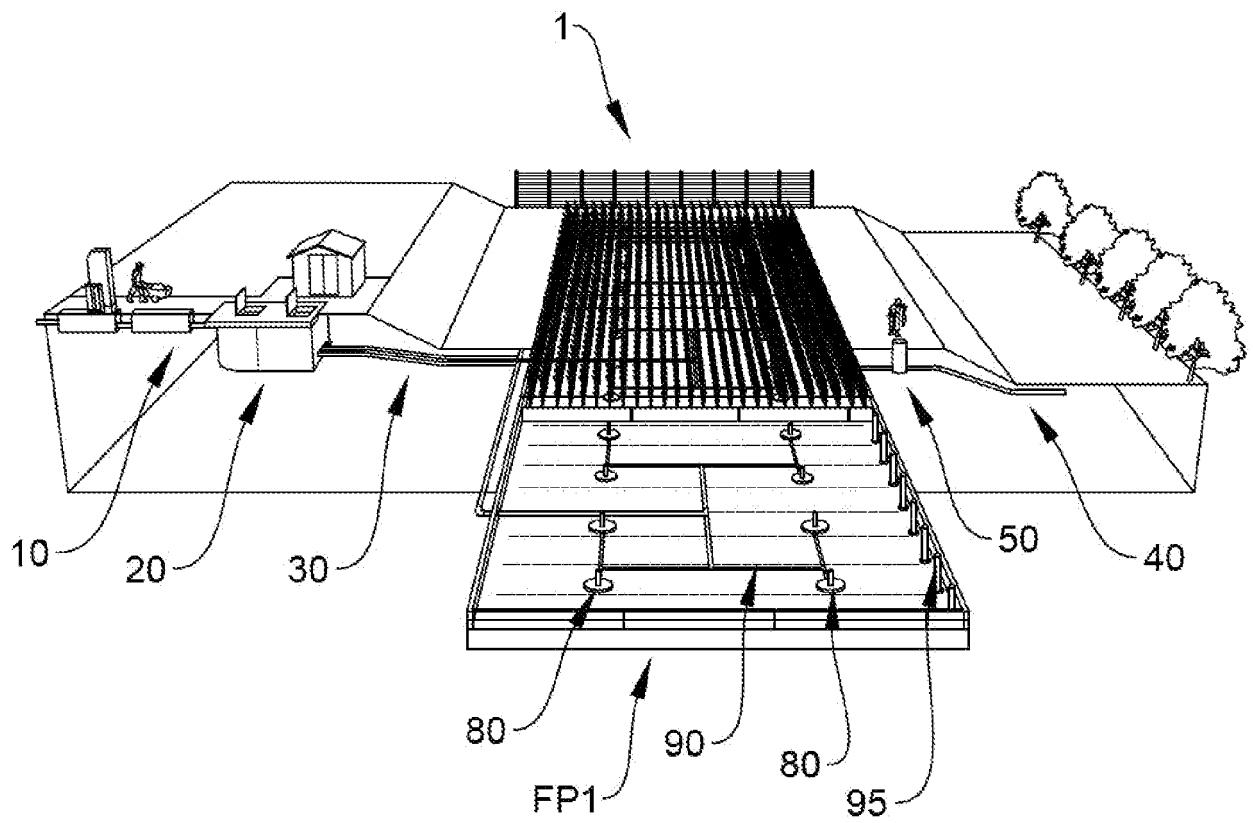
[0114] Ainsi, un troisième ouvrage de circulation de type chasse ou poste couplé à un troisième étage de filtre planté de roseaux pourrait d'ailleurs être envisagé dans des cas particulièrement complexes de filtration.

Revendications

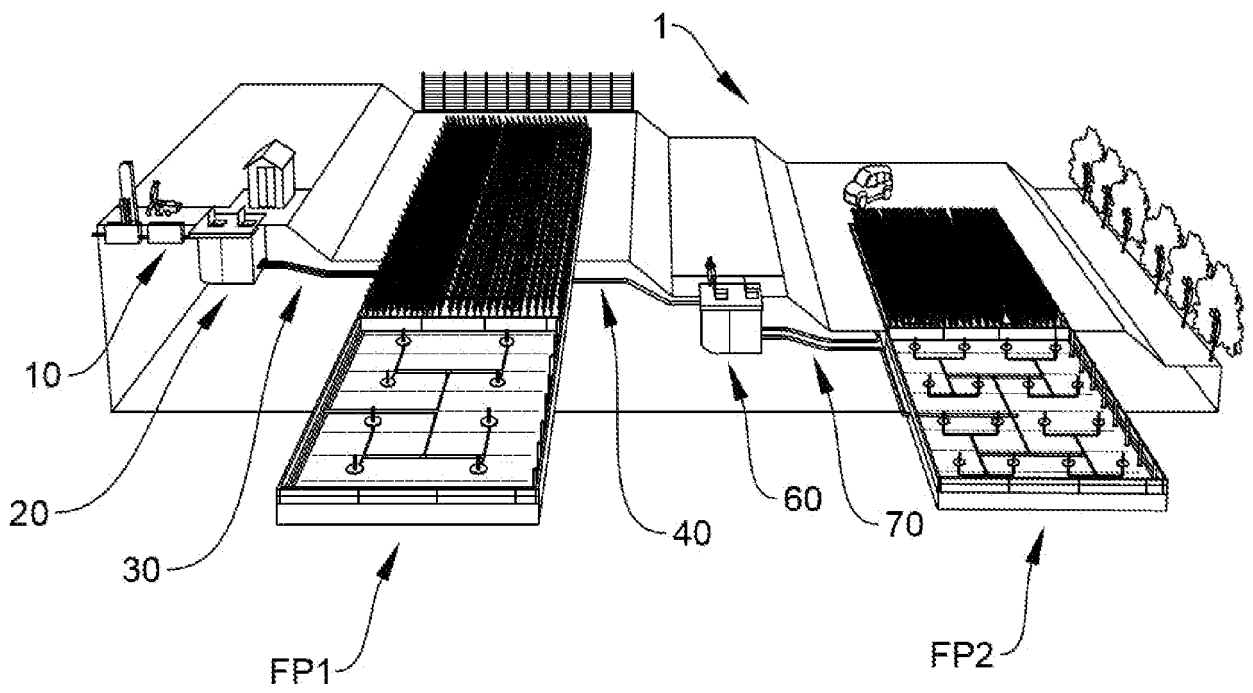
- [Revendication 1] Dispositif (1) de traitement des eaux usées par filtre planté de végétaux de préférence du type roseaux, ledit dispositif comportant au moins un premier étage (FP1) de filtre planté comprenant une pluralité de couches filtrantes à base de substrat minéral dont une couche supérieure à graviers fins destinée à accueillir les végétaux, une couche de transition à graviers de granulométrie médiane disposée en-dessous de la couche supérieure, et une couche de fond drainante à graviers grossiers, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, en amont dudit filtre, au moins un premier ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage équipé d'un dispositif (200) d'injection de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes constituant un réacteur biologique de traitement préliminaire.
- [Revendication 2] Dispositif (1) de traitement des eaux usées selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réacteur biologique de traitement préliminaire (200) comporte au moins un réservoir (201) de bactéries de type aérobie stricte, une pompe doseuse (202), une canalisation (203) transportant les bactéries du réservoir (201) vers l'ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste.
- [Revendication 3] Dispositif (1) de traitement des eaux usées selon la revendication 2, caractérisé en ce que le réacteur biologique de traitement préliminaire (200) comporte au moins un organe (205) de mélange de concentrats interposé entre le réservoir (201) et la pompe (202).
- [Revendication 4] Dispositif (1) de traitement des eaux usées selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réacteur biologique (200) de traitement préliminaire est placé au sein d'une chambre à vannes (24) attenante à l'ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste.
- [Revendication 5] Dispositif (1) de traitement des eaux usées selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le réacteur biologique (200) de traitement préliminaire est placé sur une dalle supérieure (22) surplombant l'ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste.
- [Revendication 6] Dispositif (1) de traitement des eaux usées selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les bactéries sont choisies parmi des bactéries nitrifiantes pures ou un mélange combiné de bactéries nitrifiantes et déphosphatantes, avec une proportion de de 20% à 80% de bactéries nitrifiantes.

- [Revendication 7] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage est en outre pourvu d'un premier dispositif (100) totalement immergé d'injection de microbulles d'air créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le premier étage (FP1) de filtre planté.
- [Revendication 8] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte :
- un deuxième étage (FP2) de filtre planté similaire au premier étage (FP1) de filtre planté et placé en aval et à un niveau inférieur ou égal à celui-ci, selon le sens de circulation des eaux à traiter, et
 - un deuxième ouvrage (60) d'alimentation de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage similaire au premier ouvrage d'alimentation (20) de type chasse ou poste, ledit deuxième ouvrage d'alimentation (60) de type chasse ou poste étant interposé entre la sortie du premier étage (FP1) de filtre planté et l'entrée du deuxième étage (FP2) de filtre planté et équipé d'un second dispositif d'injection (200) de bactéries nitrifiantes et/ou déphosphatantes constituant un second réacteur biologique de traitement préliminaire.
- [Revendication 9] Dispositif (1) selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'ouvrage d'alimentation (60) de type chasse ou poste en forme de cuve de stockage est en outre pourvu d'un deuxième dispositif (100) totalement immergé d'injection de microbulles d'air créant une aération et un brassage des eaux usées permettant une suroxygénation avant leur passage dans le deuxième étage (FP2) de filtre planté.
- [Revendication 10] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque dispositif (100) totalement immergé d'injection de microbulles d'air comporte au moins une rampe de diffusion (110) percée de microperforations (120) et reliée à un dispositif de production d'air (130) tel qu'un compresseur ou une soufflante.

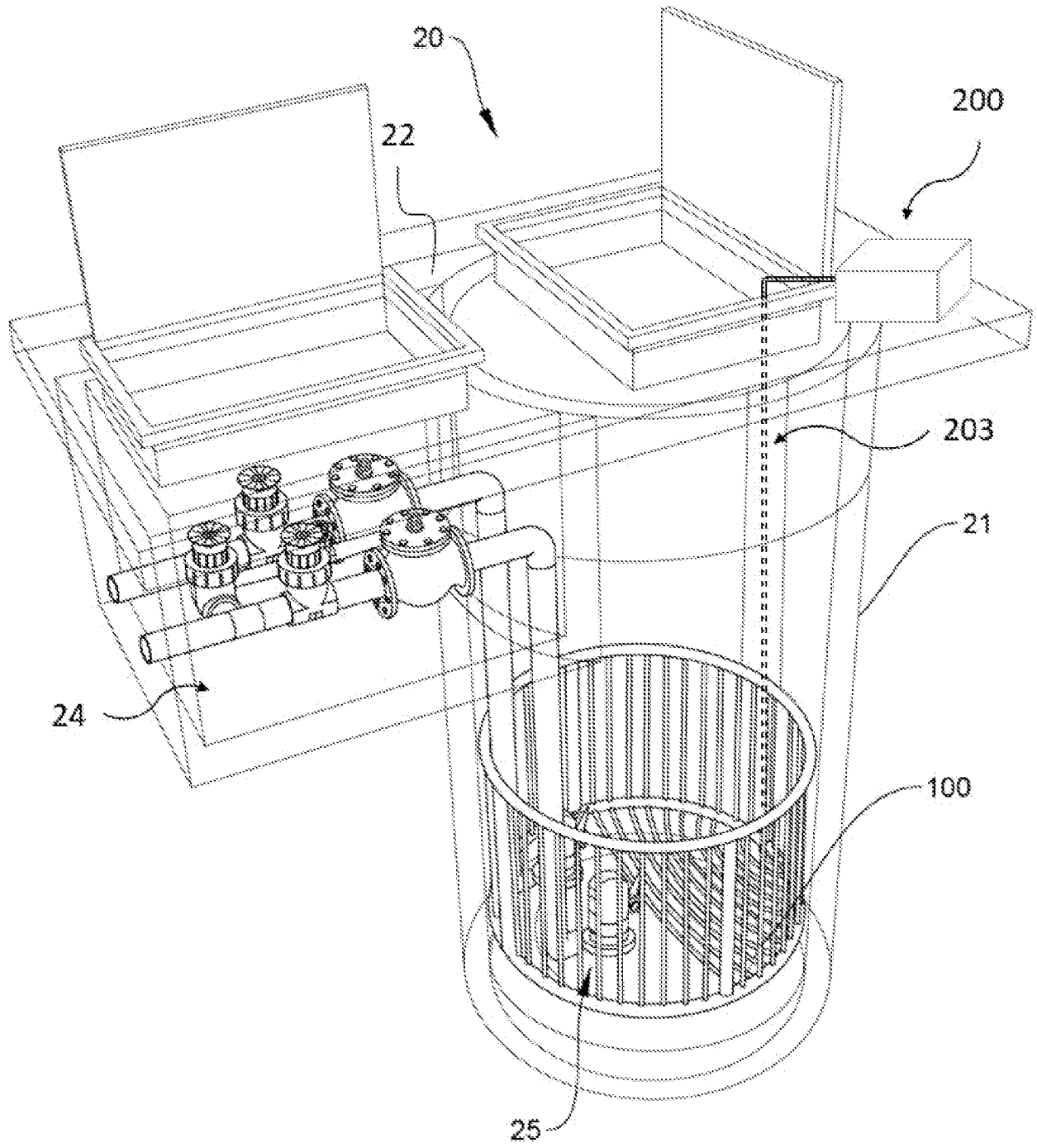
[Fig. 1]



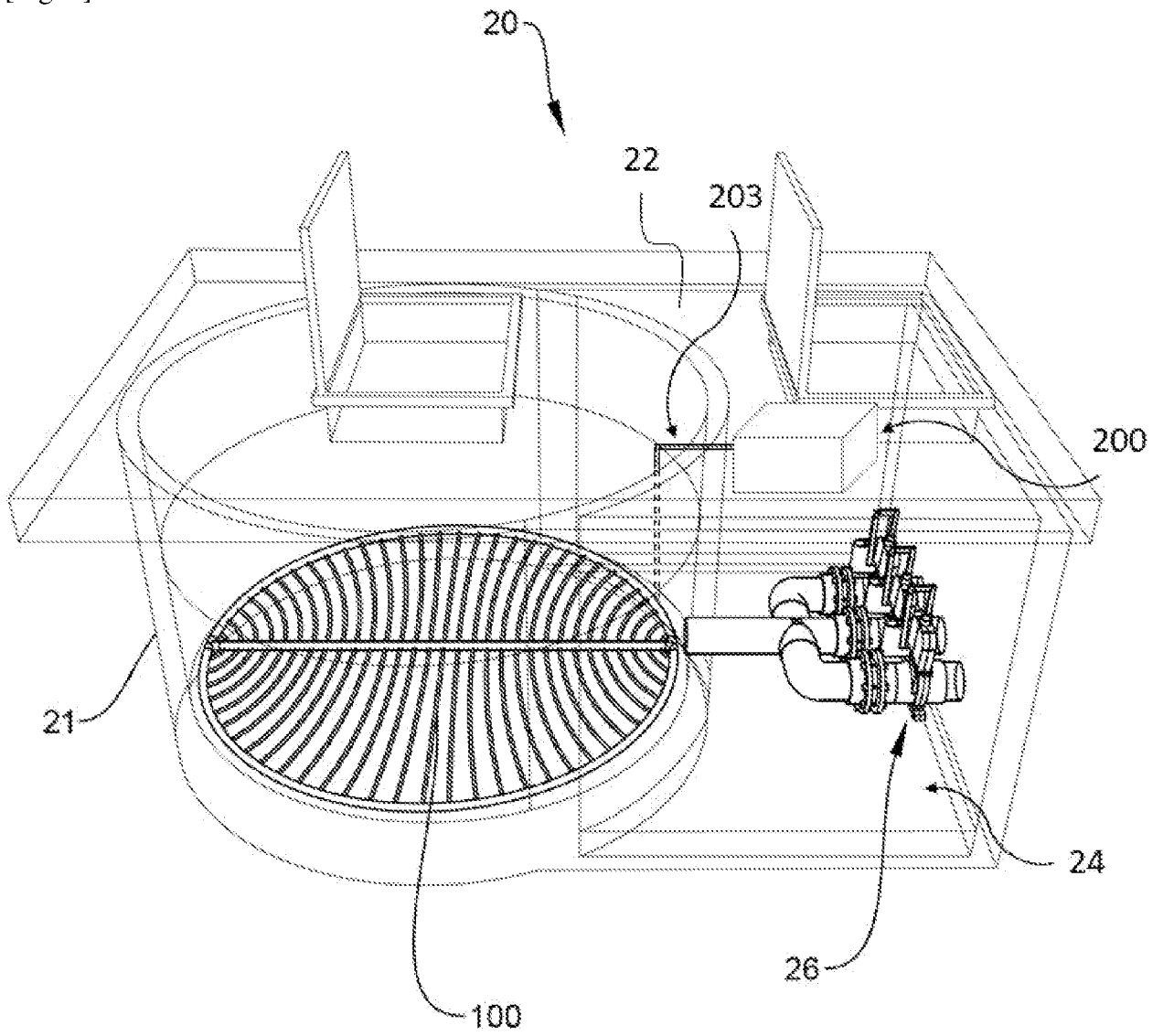
[Fig. 2]



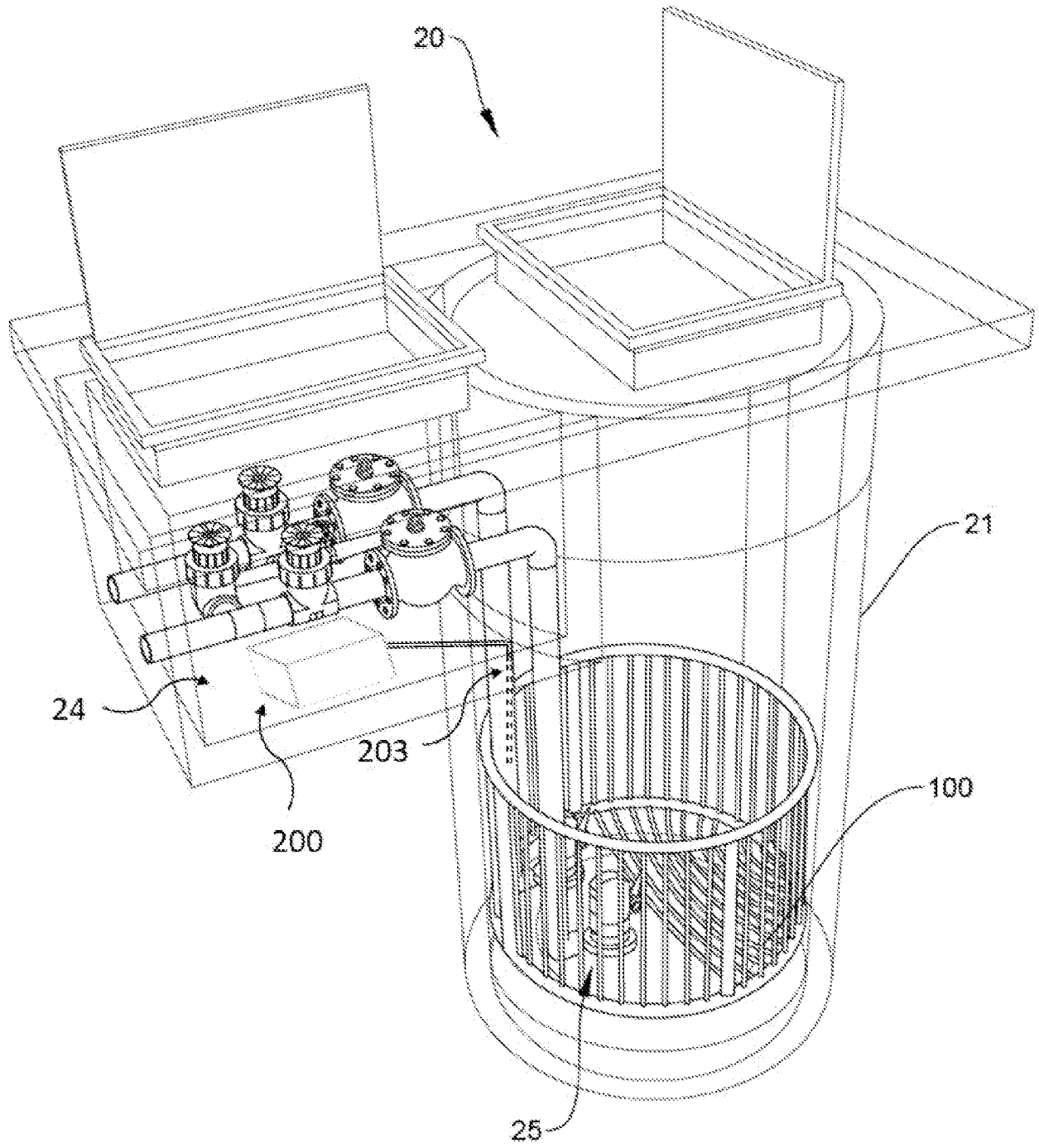
[Fig. 3]



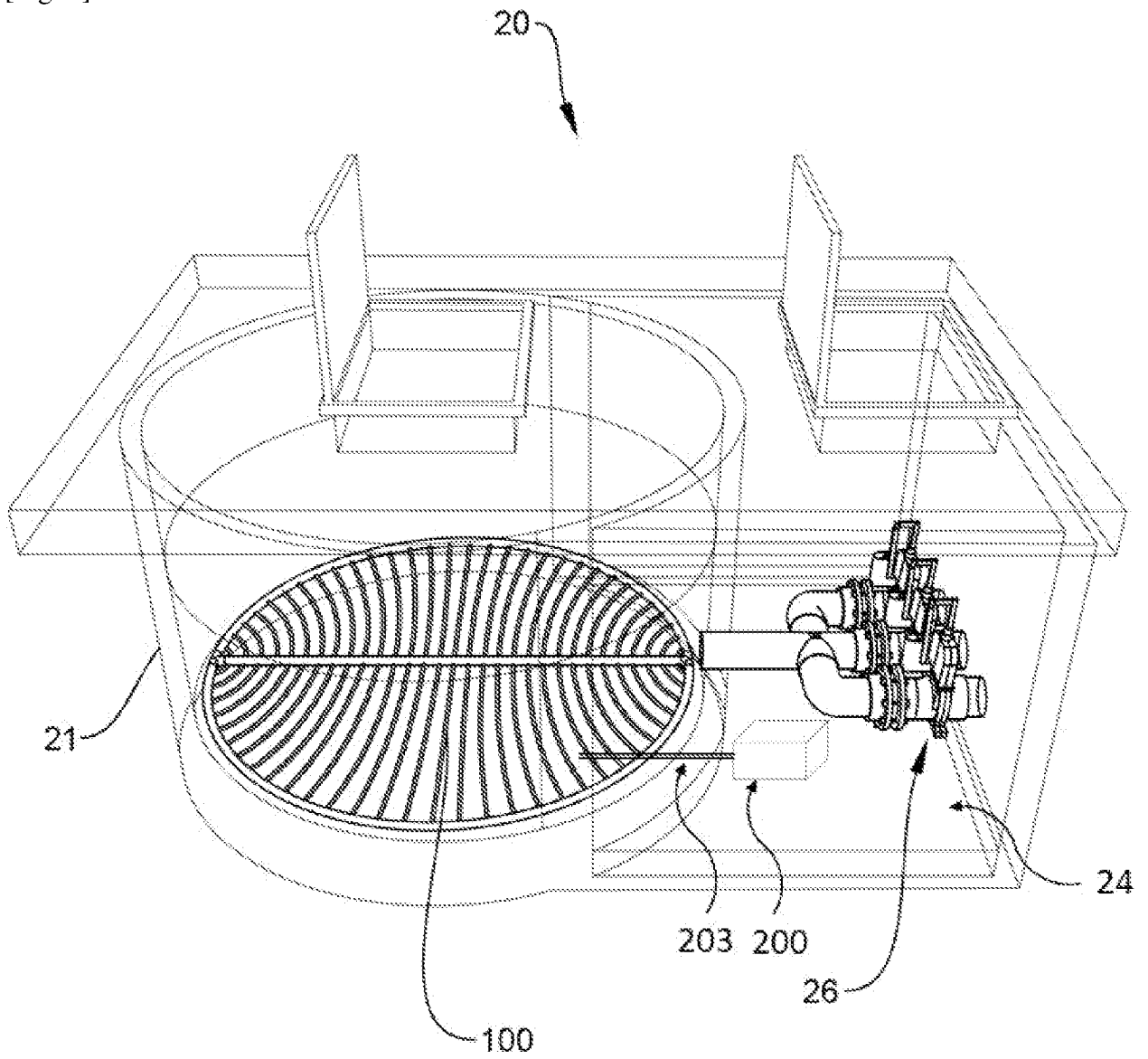
[Fig. 4]



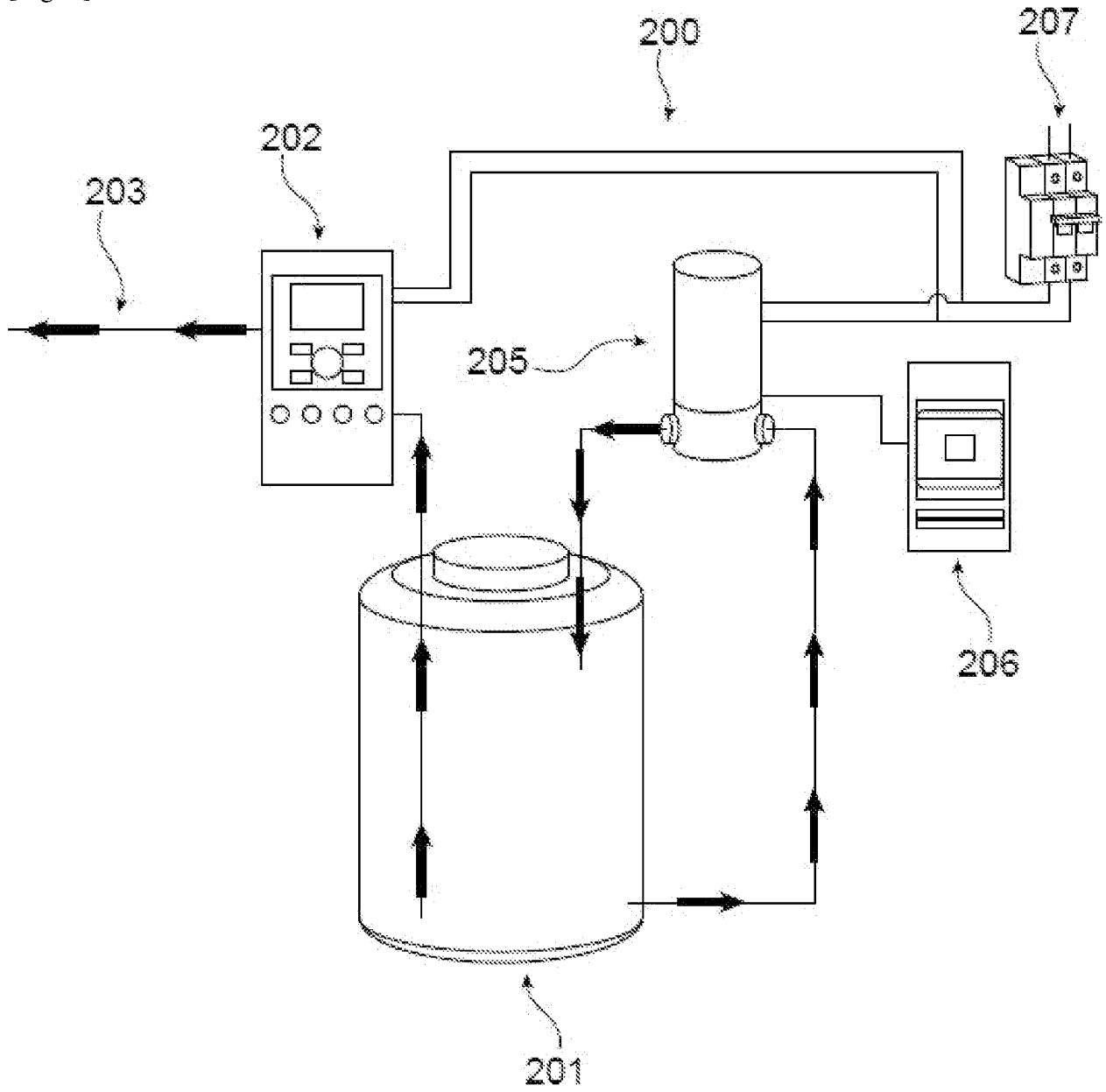
[Fig. 5]



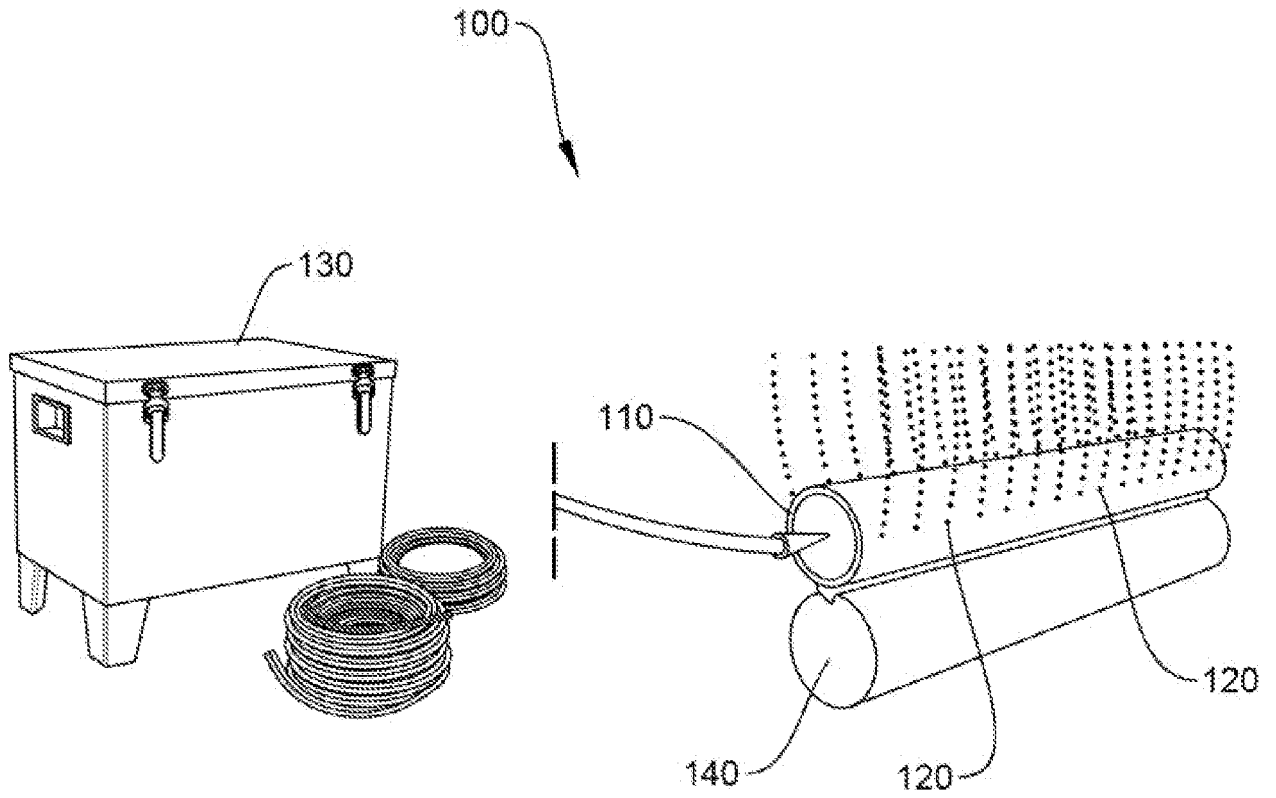
[Fig. 6]



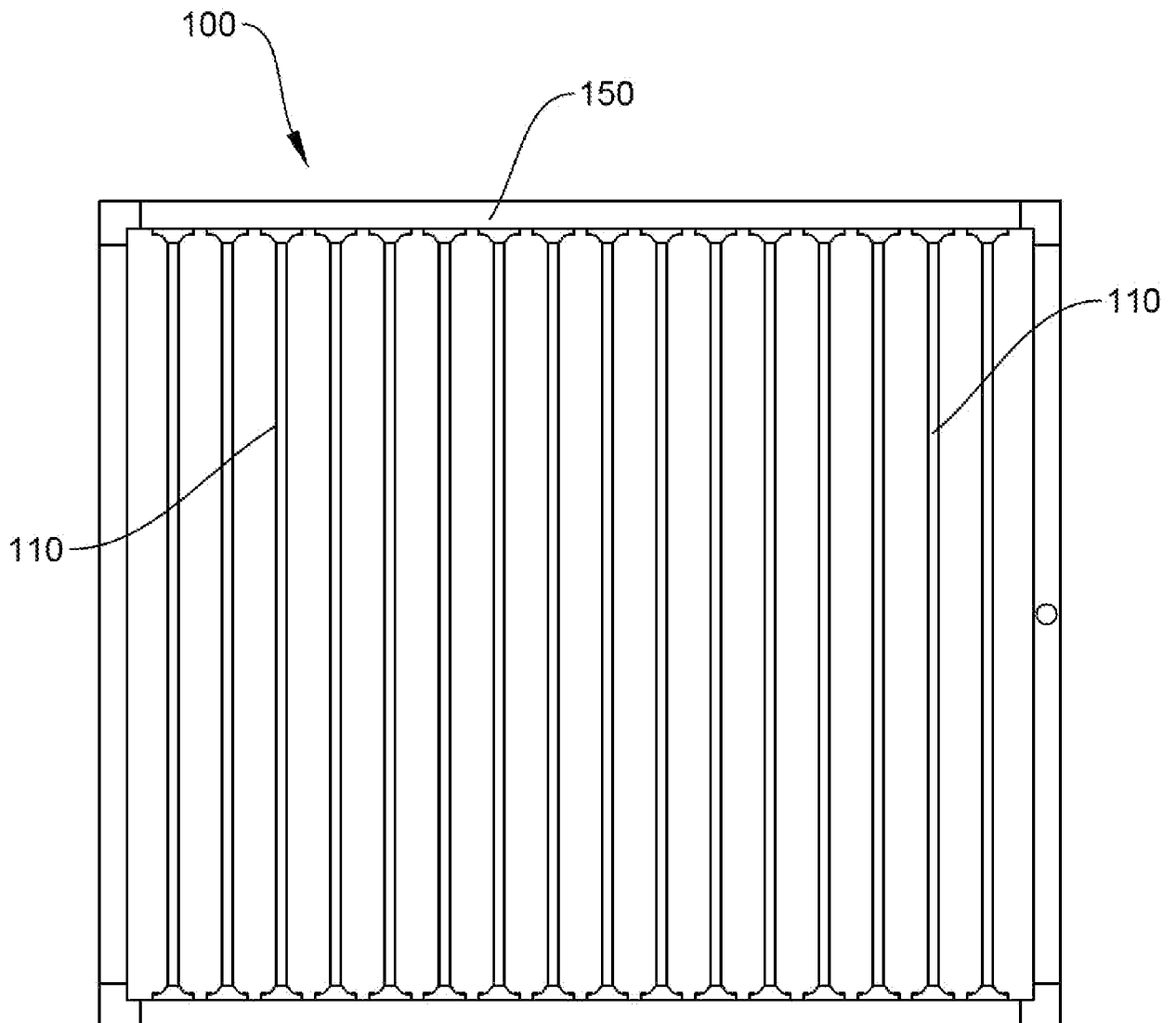
[Fig. 7]



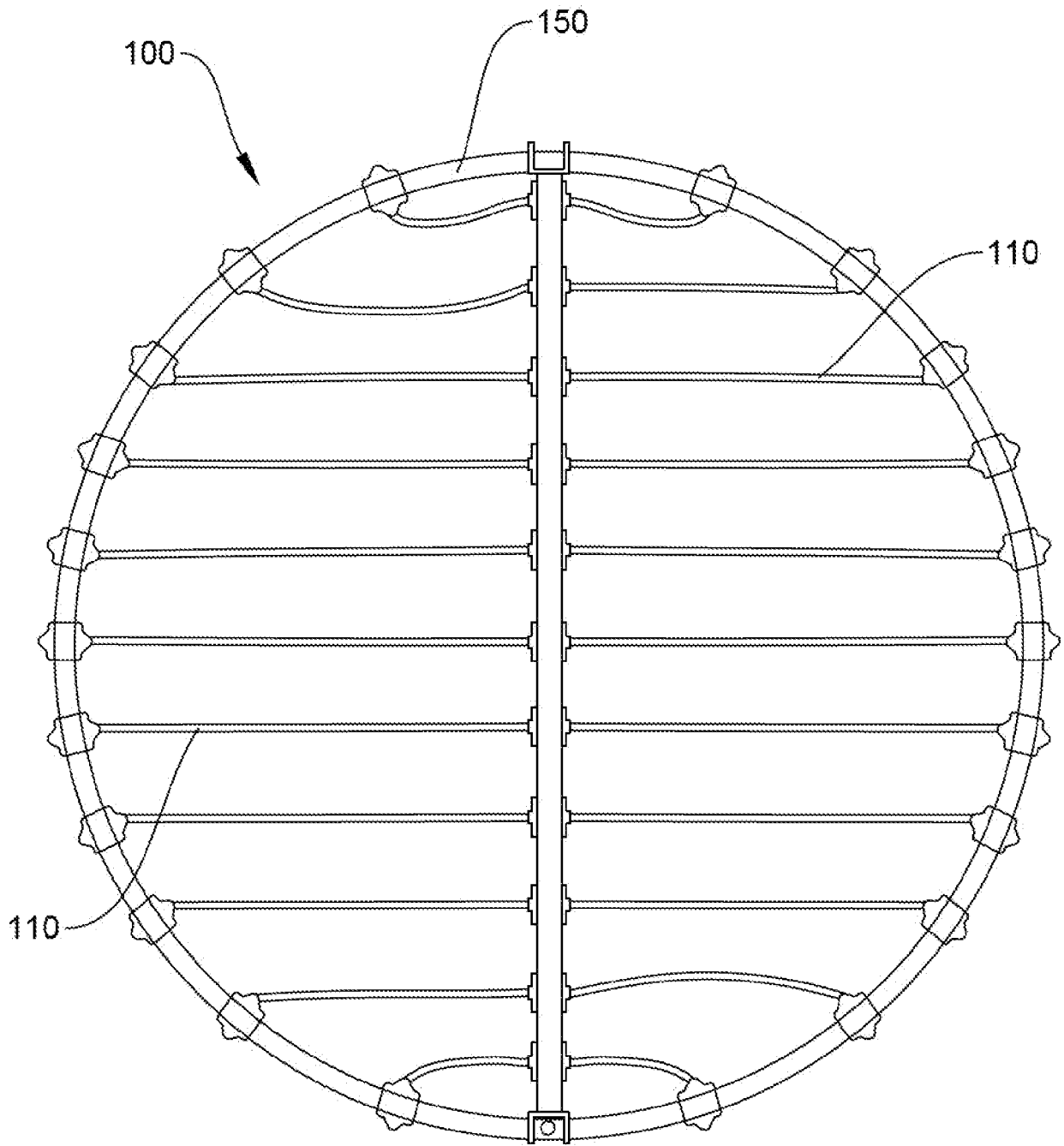
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 919307
FR 2302447

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X	<p>US 2021/188677 A1 (XI BEIDOU [CN] ET AL) 24 juin 2021 (2021-06-24) * figure 1 * * alinéa [0049] *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10	<p>C02F 3/00 C02F 3/32 C02F 3/34</p>
A	<p>FR 3 046 158 A1 (E R S E (ETUDE REALISATION DE STATION D'EPURATION) [FR]) 30 juin 2017 (2017-06-30) * page 6, ligne 6 - ligne 17 * * figures 1-4 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10	
A	<p>US 2014/061124 A1 (MICHEL PHILIPPE [FR]) 6 mars 2014 (2014-03-06) * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10	
			<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>C02F B01F</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 octobre 2023		Janssens, Christophe	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302447 FA 919307**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-10-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2021188677 A1	24-06-2021	CN 108059242 A	22-05-2018
		US 2021188677 A1	24-06-2021
		WO 2019114747 A1	20-06-2019

FR 3046158 A1	30-06-2017	AUCUN	

US 2014061124 A1	06-03-2014	EP 2704998 A2	12-03-2014
		FR 2974798 A1	09-11-2012
		US 2014061124 A1	06-03-2014
		WO 2012150296 A2	08-11-2012
