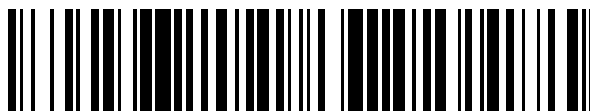


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 635**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/32** (2006.01)

**C02F 3/10** (2006.01)

**C02F 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.01.2013 PCT/FR2013/050033**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13104857**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2013 E 13701839 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2802539**

54 Título: **Dispositivo para la purificación de aguas residuales líquidas, y procedimiento para limpiar líquidos aguas residuales usando dicho dispositivo**

30 Prioridad:

**12.01.2012 FR 1200091**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**03.08.2017**

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (33.3%)**

**3 rue Michel-Ange**

**75794 Paris Cedex 16, FR;**

**INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE  
TOULOUSE (INPT) (33.3%) y**

**UNIVERSITÉ PAUL SABATIER (TOULOUSE III)  
(33.3%)**

72 Inventor/es:

**GERINO, MAGALI;**

**VERVIER, PHILIPPE;**

**SANCHEZ PEREZ, JOSÉ MIGUEL y**

**GAUTHIER, LAURY**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 628 635 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## Dispositivo para la purificación de aguas residuales líquidas, y procedimiento para limpiar líquidos aguas residuales usando dicho dispositivo

### Descripción

5  
 10  
 15  
 [0001] La invención se refiere a un dispositivo de purificación de un agua residual líquida y un proceso de aguas residuales de un agua de residuos líquidos que emplea un dispositivo de este tipo. En particular, la invención se refiere a tal sistema de saneamiento, y un método de esterilizar un agua de residuos líquidos en vista de su desintoxicación. En particular, la invención se refiere a un dispositivo y un proceso de purificación de un agua contaminada por, especialmente, nitrógeno en forma de nitrato, nitrito o amoníaco y/o por al menos una protección de cultivos compuestos en particular por biocida-. Puede tratarse de agua de un acuífero, es decir, después de la escurrentía del agua de lluvia y que está contaminada durante la lixiviación de suelo contaminado, especialmente para fertilizantes tales como nitratos, o compuestos fitosanitarios utilizados en la agricultura. La invención también se refiere a un método de purificación de un agua de superficie del líquido, notablemente de un agua de escurrentía, un agua residual doméstica o agua industrial contaminada con compuestos de medicamentos, o aguas residuales de origen agrícola en las que se implementan tal dispositivo de remediación de un agua residual líquido.

20  
 [0002] Tal dispositivo y método encuentran sus aplicaciones en el campo del saneamiento de, en particular, agua de superficie del líquido, notablemente un agua residual doméstica o agua industrial contaminada, por lo que se buscan soluciones que respeten el medio ambiente.

25  
 [0003] La invención tiene por objeto proponer un dispositivo y un método de desinfección de una pérdida líquida de agua en particular un agua de superficie, un agua residual doméstica o agua industrial pueden contaminarse-susceptibles de aplicarse a escala reducida en un laboratorio o de una casa, sino también a escala industrial en una planta industrial y/o purificación de agua agrícola.

30  
 35  
 [0004] Se conocen ya dispositivos de análisis, llamados "microcosmos" adaptados para modelar y permitir el estudio del papel de los gusanos oligoquetos en el tratamiento de material orgánico y nutrición de la zona hipotética. Tal dispositivo se describe en (Mermillod-Blondin et al., (2000) Arch. Hydrobiol, 149;3, 467-487) comprende una columna de filtración que tiene una fase estacionaria de filtro formada de capas superpuestas y alternas de arena, estando dicha fase estacionaria filtrante adaptada para permitir el flujo de agua, habiéndose puesto en contacto la fase de filtro de arena con una composición de bacterias, antes de su introducción en el dispositivo de filtración, comprendiendo dicha etapa de filtro, además, 50 o 100 gusanos de una especie de oligoquetos seleccionada de gusanos de oligoquetos *Limnodrilus hoffmeisteri*, presentando gusanos oligoquetos *Limnodrilus claparedeanus* y gusanos de oligoquetos *Tubifex tubifex* cada uno un volumen de alrededor de 4 mm<sup>3</sup>.

40  
 [0005] Tal dispositivo se limita en su aplicación al diseño y modelado del papel de gusanos oligoquetos en la interfase sólida/líquida de una columna de filtración. No permite la remediación de aguas residuales en relación con los fertilizantes agrícolas -en particular nitratos- y/o compuestos fitosanitarios -especialmente biocidas-. Tal dispositivo también está limitado en estructura a un dispositivo que comprende gusanos oligoquetos.

[0006] También se conoce por el documento WO 02/055442 un dispositivo de tratamiento de un efluente.

45  
 [0007] La invención tiene como objetivo superar los inconvenientes antes mencionados proporcionando un dispositivo y un método de remediación de un agua residual líquida. En particular, tal dispositivo y un método tal, no necesitan el uso de compuestos químicos de fertilizantes de neutralización y/o compuestos fitosanitarios.

50  
 [0008] La invención se refiere en particular a un dispositivo y un procedimiento de desinfección de un agua residual líquida que tiene una eficiencia de remediación se mejora en comparación con los tratamientos biológicos utilizando sólo los microorganismos.

55  
 [0009] La invención también tiene como objetivo lograr todos estos objetivos a menor costo, proporcionando un dispositivo para remediación de un agua residual líquida de bajo coste a partir de medios -especialmente de organismos vivos- que están disponibles en la superficie del sólido sumergido en una corriente de agua natural o de un flujo de agua artificial -especialmente en una unidad de cultivo.

[0010] La invención se refiere además a proponer un dispositivo de este tipo y un método de desinfección de un agua residual líquida que conserva hábitos de trabajo personales, siendo fáciles de usar, y sólo requiere implementación con una manipulación mínima.

60  
 [0011] Para hacer esto, la invención se refiere a un dispositivo de purificación para un agua de residuos líquidos, que comprende:

- un recipiente adaptado para retener un agregado formado de partículas sólidas y para permitir el contacto entre las partículas sólidas del granulado y dicha agua residual líquida que fluye a través de dicho recipiente entre:

65

- una entrada de dicha agua residual líquida de dicho recipiente, y;
- una salida de un agua que sustancialmente contiene descontaminado;

- 5 - una comunidad, la llamada comunidad de microorganismos, al menos una especie de microorganismos de la superficie y en contacto con las partículas sólidas del agregado que se extienden y forman una matriz adaptada para el desarrollo de dicha comunidad de microorganismos;
- al menos un invertebrado béntico vivo seleccionado del grupo que consiste en invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos macro-bénticos un tamaño medio mayor de 250  $\mu\text{m}$ , estando dicho organismo macrobentónico distribuido en el material granular;
- 10 - al menos un invertebrado béntico vivo, seleccionado del grupo que consiste en invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos meio-bénticos, un tamaño medio de entre 50  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ , estando dicho organismo meio-bentónico distribuido en el material granular;

15 caracterizado porque los organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos forman una comunidad de especie de organismos invertebrados bénticos que comprenden una proporción de organismos invertebrados carroñeros, expresada como un porcentaje de peso seco de organismos invertebrados y peso en seco de organismos invertebrados bénticos de dicha comunidad de especie comprendida entre 60% y 80%, en particular del orden de 75%.

20 **[0012]** En todo el texto, el término "invertebrados bénticos" comprende un organismo invertebrado multicelular vivo en su estado natural, en un ambiente acuático al nivel de "*bentos*", es decir en la interfaz de líquido/sólido de un sustrato (sedimentos, plantas) sólido sumergido, por ejemplo, una corriente de agua -tal como una corriente, un río, un pantano o un lago. Se puede tratar de organismos multicelulares vivos próximos a la interfaz líquida/sólida en el medio líquido, o de los organismos multicelulares vivos cerca de la interfaz sólida/líquida en el medio sólido.

25 **[0013]** Ventajosamente y según la invención, los organismos macro-bénticos, organismos meio-bénticos y organismos invertebrados eliminadores son organismos de agua dulce, es decir, organismos que viven exclusivamente en agua dulce.

30 **[0014]** Se determina el "tamaño medio" de un invertebrado béntico, por tamizado de una comunidad de especie de invertebrados bénticos vivos a través de un tamiz de malla cuadrada particular de tamaño predeterminado capaz de retener al menos una parte de dicha comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos. Se atribuye a los invertebrados bénticos vivos retenidos en el tamiz un tamaño al menos mayor que el tamaño predeterminado para completar la malla cuadrada de la criba. Por ejemplo, el uso de un tamiz con malla cuadrada de 250  $\mu\text{m}$  en cada lado permite retener los invertebrados bénticos vivos de la comunidad de especie que tienen un tamaño medio mayor que 250  $\mu\text{m}$ . Se determina que el tamaño medio de especies de invertebrados bénticos vivos de una comunidad de invertebrados bénticos vivos es de entre 50  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$  realizando sucesivamente una primera etapa de tamizado de dicha comunidad de especie de invertebrados bénticos vivos en un tamiz de malla cuadrada lateral de 250  $\mu\text{m}$  y una segunda etapa de tamizado de invertebrados bénticos vivos no retenidos en el tamiz de 250  $\mu\text{m}$  logrado por medio de un tamiz de malla cuadrada lateral de 50  $\mu\text{m}$ . Los invertebrados bénticos vivos retenidos en el tamiz con una malla cuadrada de 50  $\mu\text{m}$  que tienen un tamaño medio entre 50  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ .

45 **[0015]** Ventajosamente, el dispositivo según la invención comprende una pluralidad de invertebrados bénticos vivos seleccionados del grupo que consiste en invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos macro-bénticos un tamaño medio mayor de 250  $\mu\text{m}$  que comprende además una pluralidad de vida de invertebrados bénticos seleccionados del grupo que consiste en invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos meio-bénticos un tamaño medio de entre 50  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ .

50 **[0016]** Se determina el carácter eliminador de un organismo macro-bentónico y un organismo meio-bentónico con referencia al modo nutricional de dicho organismo macro-bentónico u organismo meio-bentónico. Se encuentra entre los organismos invertebrados eliminadores, organismos macro-bénticos y meio-bénticos, nutriéndose de:

- materia orgánica muerta acumulada en superficie de sedimentos y en los sedimentos (se habla por tanto de organismos colectores);
- 55 - de la materia orgánica en partículas (conocidas como organismos recortadores o "*trituradores*");
- de la biopelícula desarrollada sobre soporte inorgánico u orgánico, especialmente vivo (o "*raspadores*") (*Merritt R. W. y Cummins K. W. (1984), 2ª edición, Editor Kendal pp 59-64. An intruduction to the aquatic insects of North America*).

60 **[0017]** Un dispositivo de la invención comprende un material granular formado de partículas sólidas. Estas partículas sólidas pueden ser partículas sólidas minerales, es decir partículas sólidas que no incluyen carbono (excepto para carbonatos). Estas partículas sólidas pueden ser partículas sólidas de una roca en estado dividido, incluyendo arena, grava u otro agregado mineral. Estas partículas sólidas pueden ser partículas sólidas ligadas orgánicamente, es decir, partículas sólidas formadas a partir de un material que comprende carbono. Puede tratarse en particular de polímeros, notablemente polímeros insolubles sintéticos en agua que tiene un tamaño de partículas adaptado para permitir el desarrollo de una comunidad de especie de microorganismo en la superficie de dichas partículas sólidas y

65

la formación de una "biopelícula".

**[0018]** Tales gránulos pueden comprender también partículas de materia orgánica del tipo de desechos de plantas y animales. Tales residuos están presentes al nivel de la interfase de agua-sedimento del entorno natural o en el conjunto tomado de la naturaleza.

**[0019]** Ventajosamente, un tal granulado consta de un material sólido en el estado dividido. Puede ser un producto natural, especialmente arena tomada del lecho de un flujo de agua. Puede también tratarse de una grava o granulado de construcción que tiene un tamaño de partículas adaptado para permitir que el agua fluya a través de los intersticios entre las partículas sólidas de dicho agregado.

**[0020]** Ventajosamente, un tal granulado está formado de partículas sólidas que tienen una distribución de tamaño de partícula monomodal. Para la distribución de tamaño de partícula monomodal, se entiende una distribución de tamaño de partícula en la que la curva comprende frecuencias relativas de partículas sólidas de un granulado de acuerdo con el tamaño -o más generalmente del logaritmo del tamaño- pudiendo dichas partículas, por ejemplo, estar en la forma de una gaussiana. Puede tratarse de una gaussiana de largura más o menos importante.

**[0021]** Sin embargo, tales gránulos pueden estar formados de partículas sólidas que tienen una distribución de tamaño de partícula multimodal. En este caso, el tamaño de partícula sobre curva de distribución de dichas partículas sólidas de los gránulos presenta varios picos distintos. A modo de ejemplo no limitativo, la distribución del tamaño de partícula de las partículas sólidas del granulado es una distribución bimodal o multimodal del tamaño de partícula.

**[0022]** Ventajosamente, las partículas sólidas del granulado tienen una distribución espacial sustancialmente homogénea en el recipiente. Por distribución espacial sustancialmente homogénea se entiende que las partículas sólidas del granulado se distribuyen en el recipiente de modo sustancialmente homogénea con respecto a su distribución granulométrica -presentando el conjunto de las partículas sólidas grandes, el conjunto de las partículas sólidas pequeñas y el conjunto de partículas de tamaño intermedio una distribución espacial sustancialmente uniforme en recipiente. Es posible que en un dispositivo de acuerdo con la invención, las partículas sólidas del granulado tienen una alternancia aleatoria de capas de partículas sólidas de un tamaño de partícula predeterminado y en el que la posición de cada una de las capas de partículas sólidas no depende del tamaño determinado. En este sentido, un dispositivo de la invención no presenta una sucesión de capas de partículas sólidas en la que dichas capas se extienden sustancialmente en horizontal y se apilan unas sobre otras en un gradiente de tamaño de partícula decreciente desde la capa de partículas más profundas sólidas a la capa de las partículas sólidas más superficiales.

**[0023]** Es posible que el agregado de las partículas sólidas se distribuya en el recipiente en forma de capas superpuestas de partículas sólidas, presentando cada capa de la superposición de capa una distribución del tamaño de granulocitos. Sin embargo, en un dispositivo según la invención, las capas sucesivas de partículas sólidas de diferentes tamaños de partícula se sucedan de modo aleatorio por toda la altura del dispositivo de acuerdo con la invención.

**[0024]** Ventajosamente, las partículas sólidas del granulado tienen un tamaño medio de entre 0,1 mm y 20 mm. Ventajosamente, las partículas sólidas del agregado están dispuestas en el recipiente en forma de capas, teniendo cada capa un tamaño medio de partícula de valor seleccionado de 0,1 mm, 0,5 mm y 15 mm.

**[0025]** Ventajosamente, el material granular del dispositivo según la invención está adaptado para ser capaz de permitir su colonización por especies microbianas que se encuentran en el agua de río y para formar una "biopelícula" en la superficie de las partículas sólidas del granulado.

**[0026]** Los inventores creen que la presencia de organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos en el dispositivo de remediación de aguas residuales de acuerdo con la invención permite un avance y una renovación de la comunidad de micro-organismos ("biopelícula") que se extiende en la superficie de las partículas sólidas del granulado. Los inventores suponen que este avance de la comunidad microorganismos aumenta la renovación de la comunidad de microorganismos, permite la selección de una comunidad de microorganismos capaz de permitir la degradación de contaminantes presentes en el agua residual a tratar y promover la degradación de contaminantes de aguas residuales por la "biopelícula" y producir un agua sustancialmente descontaminada.

**[0027]** Los inventores han observado que la combinación de organismos macrobénticos y organismos meio-bénticos -en particular de la comunidad de especies de organismos invertebrados bénticos- comprendiendo una cantidad de organismos invertebrados eliminadores de entre 60% y 80% de porosidad, mantiene un agregado sustancialmente constante durante el uso del dispositivo de saneamiento que evita la obstrucción de dicho dispositivo de consolidación en el tiempo, observándose en ausencia de la comunidad de especie de invertebrados macrobénticos vivos y meióbénticos. De hecho, esta colmatación se debe al desarrollo incontrolado de la comunidad de especie de microorganismos y el aumento de los niveles de material de carbono de saneamiento.

[0028] Ventajosamente, el recipiente es un recipiente fabricado. Puede ser una columna de filtro o un tanque abierto de tratamiento de aguas residuales.

[0029] Ventajosamente y según la invención, el granulado tiene una porosidad media en el recipiente de entre 20% y 40%, especialmente de aproximadamente 30%. Por "porosidad media" del granulado se quiere decir la relación reducida a 100 entre el volumen vacante susceptible de ser ocupado por el agua en el agregado y el volumen de dicho granulado. Los inventores han observado que una tal porosidad promedio del granulado está adaptada para permitir por un lado el desarrollo de una biopelícula de microorganismos y remediación de agua residual líquida, y también para obtener una velocidad de flujo de agua a través del granulado en el envase adaptado para permitir el saneamiento.

[0030] Ventajosamente y según la invención, los organismos macro-bénticos se seleccionan del grupo que consiste en organismos adquiridos, organismos de oligoquetos, organismos de artrópodos en particular del orden de diptera, organismos de trichoptera, organismos del orden de coleoptera, organismos del suborden de heteroptera, organismos de orden de odonatos, organismos de orden de plecoptera, organismos de orden de ephemeroptera y organismos crustáceos y organismos de moluscos, especialmente organismos de gasterópodos y organismos de la clase de bivalvos.

[0031] Ventajosamente, los organismos macro-bénticos se seleccionan del grupo que consiste en organismos macrobénticos del subgrupo de *ancylidae* del subgrupo de *aphelocheirus*, del subgrupo de *aselidae*, del subgrupo de *athericidae*, del subgrupo de *baetidae de brachyptera*, del subgrupo *caenidae*, del subgrupo de *ceratopogonidae*, del subgrupo de *chironominae*, del subgrupo de *chrysomelidae*, del subgrupo de *dryopidae de ecnomidae*, del subgrupo de *elmidae*, del subgrupo de *empididae*, del subgrupo de *de ephemerellidae*, del subgrupo de *gammaridae* del subgrupo de *haliplidae*, del subgrupo *heptageniidae*, del subgrupo de *hydrophilidae*, del subgrupo *hydroptilidae*, del subgrupo *hydropsychidae*, del subgrupo *leptoceridae*, del subgrupo de *leuctridae*, del subgrupo *limoniidae*, del subgrupo de *lymaeidae*, de subgrupo de *naididae*, del subgrupo de *nemouridae*, del subgrupo de *niphargidae*, del subgrupo *orthocladiinae*, del subgrupo de *ptychopteridae*, del subgrupo *potamanthidae*, del subgrupo *rhyacophilidae*, del subgrupo *simuliidae*, del subgrupo *tabanidae*, del subgrupo *taerioptenygidae*, del subgrupo *tanypodinae*, del subgrupo *tipulidea*, del subgrupo *tubificidae de polycentropodidae*, del subgrupo *de ptychopteridae* y del subgrupo de *psychodidae*.

[0032] Ventajosamente y según la invención, los organismos meio-bénticos se seleccionan del grupo que consiste de organismos de nematelmintos, organismos de cladóceros, organismos de rocíferos, organismos de copépodos, organismos de gastrotricos y organismos de foraminíferos y organismos de tardígrados.

[0033] Ventajosamente, los organismos meio-bénticos se seleccionan del grupo que consiste de organismos meióbénticos del subgrupo *bdelloides*, el subgrupo de *brachionus* del subgrupo *cephalodella* del subgrupo *cyclopidae* o *cyclopoida*, del subgrupo de *dicranophorus*, del subgrupo de *colurella*, del subgrupo de *enchytraeidaed* del subgrupo de *euchlanis*, del subgrupo *filinia*, del subgrupo *gastropus*, del subgrupo *harpacticoide*, del subgrupo de *hydracarina*, del subgrupo de *keratella*, del subgrupo de *lecanes*, del subgrupo de *lepadella*, del subgrupo de *lophocharis*, del subgrupo de *nauplio*, del subgrupo de *notholca*, del subgrupo de *pleurotrocha*, del subgrupo de *polyarthra*, del subgrupo de *proales*, del subgrupo de *synchetta*, del subgrupo de *trichocerca*, del subgrupo de *trichotria* y del subgrupo de *trombidiformes*.

[0034] Ventajosamente y según la invención, la comunidad de microorganismos incluye microorganismos unicelulares seleccionados del grupo que consta de bacterias, algas, hongos y protozoos.

[0035] Se determina la presencia de la comunidad de microorganismos ("biopelícula") por métodos conocidos en sí mismos en la técnica. Tales métodos pueden ser métodos de observación de la biopelícula -notablemente por microscopía por epifluorescencia, para visualizar los microorganismos vivos que se extienden en superficie del agregado. Para ello, se toma de 1 a 10 mg de granulado del recipiente, se pone en contacto el granulado cargado con un marcador fluorescente (incluyendo 4',6'-diamidino-2 fenilindol, DAPI) de ADN y se observa las células bacterianas que viven bajo magnificación de aproximadamente 1000 veces y la iluminación con luz azul.

[0036] También puede tratarse de métodos indirectos capaces de conferir un índice de formación de la biopelícula, es decir, la observación de aumento de la retención de las formas minerales de nitrógeno (incluyendo NO<sub>3</sub> por desnitrificación) o la observación del aumento del consumo de oxígeno más allá de la tasa de consumo de oxígeno del agua en un sistema de percolación de agua en la presencia de bacterias libres.

[0037] Ventajosamente y según la invención, los organismos macro-bénticos son organismos macro-bénticos de una comunidad de al menos una especie de invertebrados bénticos vivos seleccionados del grupo que consiste de comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos tomados del lecho de un curso de agua natural, comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos tomados en el lecho de un curso de agua modificados, comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos tomados del lecho de un curso de agua artificial y comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos tomados de un tanque de cría.

[0038] Ventajosamente y según la invención, los organismos meio-bénticos son organismos meio-bénticos en una

comunidad de al menos una especie de invertebrados bénticos vivos seleccionados del grupo que consiste de las comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos tomados del lecho de un curso de agua natural, las comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos dados en el lecho de un curso de agua modificado, de las comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos recogidas en el lecho de un curso de agua artificial y comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos recogidas en un tanque de cría.

**[0039]** En un dispositivo de acuerdo con la invención, los organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos son organismos de agua dulce, es decir, organismos vivos exclusivamente en agua dulce. Los organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos de un dispositivo de acuerdo con la invención son organismos recogidos en el lecho de un curso de agua o de una cuenca -especialmente de un tanque cría de dichos organismos macro-bénticos y méio-bénticos de agua dulce.

**[0040]** Por "comunidad de al menos una especie", se denota un conjunto de especie. Tal comunidad puede estar compuesta de una sola especie de vida de invertebrados bénticos vivos o una pluralidad de especies de invertebrados bénticos vivos distintos. El término "especie" define el taxonómico inferior de la clasificación sistemática de los organismos. Los organismos de la misma especie presentan características -especialmente morfológicas, genéticas, de biotopo y comportamentales- comunes de manera que los organismos de la misma especie son propensos a reproducirse sexualmente.

**[0041]** Tal comunidad de especie de invertebrado bentónico vivo comprende de 1 a 200 especies de invertebrados bénticos vivos, en particular más de 5 especies diferentes de invertebrados bénticos vivos, en particular más de 30 especies diferentes de invertebrados bénticos vivos, preferiblemente del orden de 50 especies distintas de invertebrados bénticos vivos. Tal comunidad de invertebrados bénticos vivos es representativa en particular de la biodiversidad del medio hiporreico de una corriente de agua.

**[0042]** Se logra tal eliminación por métodos conocidos en sí mismos en la técnica. En particular se utiliza un dispositivo -conocido bajo el nombre de red de surber que tiene un bastidor rígido y opcionalmente flexible y tejido de malla, especialmente en poliéster de alta resistencia. El tamaño de malla de la tela de malla sustancialmente cuadrada se selecciona para permitir la captura de organismos de un tamaño mayor que o igual a la dimensión de malla utilizada. Por ejemplo, se utiliza una red de surber que tiene un tamaño de abertura de malla de 250  $\mu\text{m}$ . Se lleva a cabo un muestreo de la capa superior del curso de agua del sedimento. El espesor de la capa de sedimento eliminado puede variar desde unos pocos centímetros a diez centímetros.

**[0043]** Ventajosamente y según la invención, la relación en peso seco, expresada como mg de organismos bénticos (macro-bénticos y meio-bénticos) contenidos en el recipiente y el volumen (en  $\text{dm}^3$ ) del agregado contenido en el recipiente es mayor a 5  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , en particular entre 5  $\text{mg}/\text{dm}^3$  y 100  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , preferiblemente entre 10  $\text{mg}/\text{dm}^3$  y 50  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , en particular del orden de 20  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . El peso seco de organismos bénticos (macro-bénticos y meio-bénticos) es el peso seco de la biomasa formada de organismos bénticos vivos y se añade al dispositivo de saneamiento del agua.

**[0044]** Ventajosamente y según la invención, el sistema de saneamiento de aguas residuales comprende además al menos un gusano de oligoqueto seleccionado en el subgrupo formado de especies *Limnodrilus hoffmeisteri*, de *Limnodrilus claparedeanus* y *Tubifex tubifex*. Tales gusanos de oligoquetos están disponibles comercialmente, pero también se pueden tomar desde el cauce natural de una corriente de agua.

**[0045]** Ventajosamente y según la invención, el dispositivo de saneamiento para aguas residuales comprende al menos un subgrupo de crustáceos de *Aselidae* particular de la especie *Asellus aquaticus*.

**[0046]** Ventajosamente y según la invención, el dispositivo comprende un depósito adaptado para contener una cantidad de agua de residuos líquidos, perteneciendo dicho depósito un circuito de recirculación de aguas residuales de líquido entre dicho depósito y la entrada del recipiente y agua sustancialmente descontaminada entre la salida desde el recipiente a la entrada de fluido de dicho recipiente a través del depósito.

**[0047]** Ventajosamente y según la invención, el dispositivo de saneamiento comprende medios para oxigenar el agua sustancialmente descontaminada con un fluido gaseoso. Los inventores han observado que el agua sustancialmente descontaminada extraída del recipiente es también un agua sustancialmente desoxigenada, es decir, que tiene un contenido de oxígeno menor que el contenido de oxígeno de las aguas residuales antes del tratamiento en la entrada del recipiente.

**[0048]** Ventajosamente y según la invención, los medios de oxigenación del agua sustancialmente descontaminada se colocan en la salida del recipiente, en particular en el tanque. En particular, se lleva a cabo una oxigenación del agua sustancialmente descontaminada por burbujeo de un fluido gaseoso que contiene oxígeno -particularmente aire atmosférica- en el depósito de agua sustancialmente descontaminada.

**[0049]** Ventajosamente, los medios de oxigenación de agua sustancialmente descontaminada están formados por un burbujeador de aire adaptado para permitir la introducción de oxígeno en agua sustancialmente descontaminada

y aireación para mantener un contenido mínimo predeterminado de gas oxígeno en agua sustancialmente descontaminada. Los medios de oxigenación del agua sustancialmente descontaminada están adaptados para mantener agua en dicha agua sustancialmente descontaminada una tasa de oxígeno correspondiente a un valor entre 80% y 100% del valor de saturación de oxígeno en el agua. Tal valor de saturación de oxígeno en agua es de aproximadamente 9 mg de O<sub>2</sub>/l de agua a 20°C. Los inventores han observado que el contenido de oxígeno del agua sustancialmente descontaminada de salida del recipiente es, de hecho, menos de 5 mg O<sub>2</sub>/L de agua, en particular entre 0 y 5 mg O<sub>2</sub>/L de agua. Los inventores han observado que el tratamiento de acuerdo con la invención de aguas residuales lleva a la deficiencia de oxígeno durante su paso a través del recipiente.

**[0050]** Ventajosamente y según la invención, el dispositivo comprende medios de saneamiento, dichos medios para la circulación, el extracción de agua sustancialmente descontaminada que también es un agua desoxigenada- que contiene y reintroduce dicha agua sustancialmente descontaminada en la entrada del recipiente a través del depósito, en el que el agua sustancialmente descontaminada es desoxigenada y re-oxigenada.

**[0051]** En un dispositivo de acuerdo con la invención, resulta una sucesión de fase aerobia (en entrada del recipiente) y una fase anaerobia (en salida del recipiente). Los inventores creen que una sucesión de fases aerobias y fases anaerobias obtenidas por la oxigenación del agua sustancialmente descontaminada y la circulación de dicha agua sustancialmente descontaminada e oxigenada mejora la eficiencia del tratamiento de descontaminación. Los inventores creen que los microorganismos aerobios de la biopelícula distribuida cerca de la entrada de fluido que contiene están causando etapas de degradación aerobia de los contaminantes de aguas residuales y microorganismos anaerobios de la biopelícula distribuida cerca de la salida de fluido del recipiente están causando etapas anaerobias de degradación de los contaminantes de las aguas residuales.

**[0052]** Los inventores creen que la combinación de agregado, biopelícula, organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos -en particular la comunidad de especies de organismos invertebrados bénticos que comprenden una proporción de organismos invertebrados eliminadores entre 60% y 80% - permite la formación y mantenimiento:

- zonas aerobias ricas en oxígeno y para el desarrollo de microorganismos aerobios;
- zonas anaerobias pobres en oxígeno, sustancialmente anóxicas y permitiendo el desarrollo de microorganismes anaerobios opcionales o estrictos;

y la sucesión de tales zonas aerobias y dichas zonas sustancialmente anaerobias atravesadas por el flujo de aguas residuales en el sistema de aguas residuales de la invención hace que sea posible degradar los contaminantes de las aguas residuales.

**[0053]** Ventajosamente, en una primera variante de un dispositivo según la invención, el recipiente tiene una forma sustancialmente cilíndrica alrededor del eje de revolución sustancialmente vertical y que tiene una primera abertura superior que comprende la entrada de las aguas residuales líquidas y una segunda abertura inferior que comprende la salida del agua sustancialmente descontaminada.

**[0054]** En esta primera variante, el recipiente del dispositivo de saneamiento de un agua de residuos líquidos es una columna de filtración de agua que tiene una entrada para el agua residual líquida que se extiende en la porción superior de dicha columna de filtración y una salida de agua sustancialmente descontaminada se extiende por debajo de dicha entrada de agua residual líquida y en la parte inferior de dicha columna de filtración. La columna de filtración puede tener cualquier diámetro y cualquier longitud que está adaptada para recibir el granulado y para permitir un flujo de aguas residuales de líquido entre la entrada y la salida de fluido de dicha columna de filtración.

**[0055]** A modo de ejemplo no limitativo de una variante de un dispositivo según la invención formada a partir de una columna de filtración, las partículas sólidas del agregado se distribuyen dentro del recipiente en forma de una superposición de capas de partículas sólidas, extendiéndose cada capa de partículas sólidas en la superficie de una capa inferior de partículas sólidas, con un espesor de entre 2 cm y 4 cm y en una dirección sustancialmente perpendicular a la media del flujo de agua en dicha columna de filtración. Cada capa sucesiva de la superposición de capas de partículas sólidas tiene un tamaño de partícula distinto del tamaño de partícula de las dos capas inmediatamente contiguas. En este ejemplo, un dispositivo de acuerdo con la invención comprende un granulado retenido dentro del recipiente, siendo dicho agregado formado por una sucesión de capas de partículas sólidas, seleccionándose cada una de las capas de partículas sólidas del grupo que consiste en partículas sólidas que tienen un tamaño medio de entre 5 mm y 20 mm, en particular del orden de 15 mm y denominadas "gravas", partículas sólidas que tienen un tamaño medio de partícula de entre 0,3 mm y 0,6 mm, en particular de aproximadamente 0,5 mm - llamado "grano de arroz" y partículas sólidas que tienen un tamaño medio de partícula entre 0,05 mm y 0,5 mm, en particular arena. Además, en esta variante de un dispositivo de acuerdo con la invención, la capa inferior de material granular está formada de una capa de grava como se define anteriormente y que se extiende a un espesor de aproximadamente 15 mm.

**[0056]** Ventajosamente, el granulado tiene una distribución de tamaño de partículas sólidas que es sustancialmente homogénea en el recipiente. Por sustancialmente distribución de tamaño uniforme se entiende que las partículas sólidas no se distribuyen en el recipiente de acuerdo con un gradiente de tamaño en el que las partículas sólidas

más grandes forman una capa inferior de material granular en el recipiente, las partículas sólidas de tamaño intermedio formar un granulado capa intermedia en el recipiente y las partículas sólidas más pequeñas forman una capa superior de granulado en el recipiente.

5 **[0057]** Ventajosamente, en una segunda variante de un dispositivo según la invención, el recipiente es un recipiente configurado para permitir un suministro de dicho depósito de agua de residuos líquidos, un flujo de aguas residuales líquidas en contacto con la cuenca del granulado y la liberación de agua sustancialmente descontaminada.

10 **[0058]** El depósito de saneamiento de un agua de residuos líquidos puede presentar cualquier forma y cualquier dimensión - notablemente cualquier diámetro posible y que está adaptado para recibir el granulado y para permitir un flujo de las aguas residuales líquidas entre entrada y la salida de fluido de dicho cuenca de saneamiento de aguas residuales.

15 **[0059]** La invención se extiende también a un método de tratamiento de un agua residual líquida para su descontaminación en la que:

- se selecciona un agregado formado de partículas sólidas, y después;
- se coloca dicho material granular dentro de un recipiente adaptado para ser capaz de mantener el contacto entre dicho granulado y una corriente de líquido que fluye en dicho recipiente, y;
- se forma un flujo de percolación líquida de agua en contacto con el agregado, entre:

- una entrada de agua líquida del recipiente, y;
- una salida de agua líquida del recipiente;

25 y se mantiene dicho flujo durante un período determinado y bajo condiciones adecuadas para permitir el establecimiento de una comunidad, llamada comunidad de microorganismos, de al menos una especie de microorganismos, notablemente bajo la forma de una biopelícula- en una superficie de biopelículas y en contacto con las partículas inorgánicas del granulado y formar una matriz adaptada para el desarrollo de dicha comunidad de microorganismos, y a continuación;

- 30 - se selecciona :
- Al menos un invertebrado bentónico vivo entre el grupo que consiste en invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos invertebrados macro-bénticos un tamaño medio mayor de 250  $\mu\text{m}$  y se reparte dicho organismo macro-bentónico en el material granular;
  - Al menos un invertebrado bentónico vivo del grupo que consiste de invertebrados bénticos vivos, presentando dichos organismos meio-bénticos un tamaño medio de entre 50  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$  y se reparte dicho organismo meio-bentónico en el material granular,

40 organismos macro-bénticos y organismos meio-bénticos que forman una comunidad de especie de organismos invertebrados bénticos que comprenden una proporción de organismos invertebrados eliminadores, como un porcentaje del peso seco de organismos invertebrados eliminadores y peso seco de organismos bénticos de dicha comunidad de especie, entre 60% y 80%, en particular del orden de 75%, entonces;

- 45 - se introduce en el recipiente un flujo de agua de residuos líquidos a fin de permitir su descontaminación y la formación de un flujo de agua sustancialmente descontaminada -y que tiene un contenido de oxígeno reducido con relación a las aguas residuales líquidas- al salir el agua líquida del recipiente.

50 **[0060]** Ventajosamente, la percolación del agua comprende un contenido de carbono (C) de un material orgánico entre 10 mg y 20 mg/L de la percolación de agua en particular del orden de 15 mg/L de agua de percolación.

**[0061]** Ventajosamente, el agua de percolación incluye un contenido de nitrógeno (N) de un material orgánico entre 5 mg y 15 mg/L de la percolación de agua en particular del orden de 10 mg/L de la percolación de agua.

55 **[0062]** Ventajosamente, se extrae los invertebrados bénticos vivos (organismos macro -bénticos y organismos meio-bénticos) por filtración del agua que fluye en contacto con el lecho natural de los sedimentos de un curso de agua o mediante la suspensión de sedimento que forma la superficie de capa en la extensión particular en un espesor de aproximadamente 15  $\text{cm}^2$ , extracción y filtración en una red de tipo "Surber".

60 **[0063]** Ventajosamente y según la invención se elimina la comunidad de especie de organismos invertebrados bénticos por filtración en un sedimento seleccionado del grupo que consiste de los sedimentos de lecho de una corriente natural, sedimentos del lecho de una corriente modificada, sedimentos del lecho de una corriente de agua artificial y sedimentos de un tanque de cría, especialmente en un tanque de cría de dichos invertebrados bénticos vivos.

65 **[0064]** En una variante ventajosa de un procedimiento según la invención se elimina la comunidad de especie de organismos invertebrados bénticos vivos por filtración de los sedimentos que constituyen el lecho de un curso de



agua artificial, notablemente en los sedimentos que componen el lecho de una cuenca de agua o curso artificial de dicha comunidad de especies de organismos invertebrados bénticos vivos. En una variante de un método según la invención, evitando así un agotamiento de la fauna macro-bentónica y fauna meio-bentónica de un curso de agua natural.

5 [0065] Ventajosamente y según la invención, se añaden organismos macro-bénticos y organismos méio-bénticos simultáneamente en el recipiente que contiene el material granular de manera que la relación del peso seco de organismos meio-bénticos y peso seco de organismos bénticos (macro-bénticos y meio-bénticos) es de entre 5% y 10%.

10 [0066] Ventajosamente, un procedimiento según la invención está adaptado para ser capaz de permitir el tratamiento preventivo de la obstrucción del dispositivo de saneamiento de aguas residuales líquidas.

15 [0067] Ventajosamente y según la invención, se recicla el agua sustancialmente descontaminada en la salida de agua del recipiente y se introduce dicha agua sustancialmente descontaminada en la entrada de agua de dicho recipiente.

20 [0068] La invención se refiere además a un método de este tipo con el fin de reducir el contenido de nitrógeno del agua contaminada.

[0069] La invención se refiere además a un método de este tipo con el fin de reducir la tasa de agente de protección de cultivos de agua contaminada.

25 [0070] La invención también prevé el uso de un dispositivo de la invención para reducir la tasa de nitrógeno - especialmente nitrato, nitrito y amoníaco- de agua contaminada.

[0071] La invención también proporciona el uso de un dispositivo según la invención con el fin de reducir la tasa de agente fitosanitario de un agente especialmente biocida- de agua contaminada.

30 [0072] La invención también se refiere a un dispositivo, un proceso de purificación para aguas residuales y el uso de tal dispositivo, caracterizado en combinación por la totalidad o parte de las características mencionadas anteriormente o a continuación.

35 [0073] Otros objetos, características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de los ejemplos de la siguiente descripción dada a modo de ejemplo no limitativo.

[0074] EJEMPLO 1 - Un método para tratar agua contaminada rica en nitratos.

40 [0075] En una columna de filtración en plexiglás de sección transversal circular y de 7 cm de diámetro y 20 cm de altura, se disponen por superposición capas sucesivas de material sólido en estado dividido, presentando la capa (L<sub>1</sub>) inferior un tamaño de partícula medio entre 0,5 mm y 1,0 mm, presentando la capa (L<sub>2</sub>) inmediatamente superior de la capa (L<sub>1</sub>) un tamaño medio de partícula comprendido entre 1,0 mm y 2,0 mm, presentando la capa (L<sub>3</sub>) inmediatamente por encima de la capa (L<sub>2</sub>) un tamaño medio de partícula entre 2,0 mm 10,0 mm, presentando la capa (L<sub>4</sub>) inmediatamente por encima de la capa (L<sub>3</sub>) un tamaño medio de partícula de entre 10,0 mm y 20,0 mm. El  
45 espesor de cada capa sucesiva de material sólido en estado dividido es del orden de 4 cm. Se obtiene este tipo de materiales sólidos en un estado dividido por tamizado de una mezcla de arena/grava sobre tamices calibrados. Se coloca en el extremo inferior de la columna de filtración que contiene el granulado una película porosa de tamaño medio de partícula de aproximadamente 300 poros  $\mu\text{m}$  y se mantiene en el extremo superior de la columna de filtración que contiene el material granular de un espesor de agua de río (Garonne, Francia) con un espesor de  
50 aproximadamente 2 cm. La porosidad media del granulado en el sistema de alcantarillado es del orden de 30%.

[0076] El dispositivo de saneamiento se alimenta con agua de río (Garonne, Francia) a partir de un depósito de HDPE que tiene un volumen de 15 L usando una bomba peristáltica (323Du, Watson-Marlow) conectada por un tubo de silicona opaca (de diámetro de 3,2 mm) a una entrada de fluido del dispositivo de saneamiento situado en el  
55 extremo superior de la columna de filtración real. El flujo de agua de río en el sistema de saneamiento es del orden de 7 a 8 ml/min. Tal flujo es representativo del flujo de agua en los sedimentos hiporheicos (tasa de Darcy de 1,39 a 1,59 m/día). La salida del recipiente se coloca en comunicación de fluido con el depósito por medio de un tubo adaptado para permitir un retorno del agua sustancialmente descontaminada que sale del recipiente a la entrada de fluido de dicho recipiente a través del depósito.

60 [0077] El depósito de agua de río está dotado además de un dispositivo de oxigenación de dicha agua de río. La concentración de oxígeno del agua de río en el tanque es del orden de 9,0 mg/L y se mantiene constante por un burbujeo continuo en el tanque.

65 [0078] El conjunto del dispositivo de procesamiento de un agua contaminada líquida se coloca en la oscuridad y a una temperatura de aproximadamente 15°C a fin de limitar el desarrollo de la comunidad de microorganismos

autótrofos en la superficie de partículas sólidas del granulado y la formación de una "biopelícula" autótrofa.

5 **[0079]** En un método de purificación de agua contaminada con nitratos, la medición de la tasa de nitrato de agua contaminada antes de la adición de organismos invertebrados bénticos (durante un periodo de 7 días) y después de la adición de organismos invertebrados bénticos (durante un periodo de 7 días). Se calcula de esta manera la tasa de desaparición (expresada en mg de nitrato eliminado por día por gramo de materia orgánica) de agua de río contaminada con nitratos antes y después de la adición de la comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos.

10 **[0080]** En un primer dispositivo (D<sub>1</sub>) de control experimental (C<sub>1</sub>), se lleva a cabo una etapa de esterilización de la suspensión del granulado en agua de río (Garonne, Francia) antes de la introducción en el dispositivo de filtración. Por lo tanto, un dispositivo (D<sub>1</sub>) que está sustancialmente libre de la "biopelícula".

15 **[0081]** En un segundo dispositivo (D<sub>2</sub>) de control experimental (C<sub>2</sub>) libre de organismos invertebrados bénticos, formando un flujo de agua de río a través del granulado para una duración del orden de 40 días para permitir la formación de una "biopelícula" en la superficie de las partículas sólidas del granulado. Se mide la tasa de nitrato de agua de río contaminada durante un primer período de 7 días (J 40 a J 47) y en un segundo período de 7 días (J 48 a J 56). Se calcula de esta manera la tasa de extracción (expresada en mg de nitrato eliminado por día por gramo de materia orgánica) de nitratos de agua de río contaminada durante el primer período y segundo período por la "biopelícula" sola.

25 **[0082]** En un tercer dispositivo (D<sub>3</sub>) de una tercera condición experimental (C<sub>3</sub>), se forma primero un flujo de agua de río a través del granulado para una duración del orden de 40 días para permitir la formación de una "biopelícula" en la superficie de las partículas sólidas del agregado, entonces se añade en la cabeza del dispositivo de saneamiento una comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos formando una meiofauna, tomados de una afluyente de Ariège (Lèze, Haute-Garonne, Francia, localidad de "la Fagette"), presentando dichos organismos invertebrados bénticos vivos un tamaño medio de entre 50 µm y 250 µm.

30 **[0083]** La composición de la meiofauna introducida en el sistema de saneamiento (C<sub>3</sub>) se da en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

Organismo	Número de organismos
Lecane	810
Lepadella	42
Cephalodella y Dicranophorus	292
Notholca	2
Keratella y Cochlearis	20
Bdelloidea	457
Nematodos	38
Oligoquetos	3
Bifurcación de tardigrados	15
Cyclopoida	7
Harpacticoida	4
Nauplios	13
Coleópteros	1
Quironómidos	2
Ephemeroptera	1
Hydracarina	3
Número total de organismos	1710

55 **[0084]** Se mide la tasa de nitrato de aguas de río contaminadas sobre un primer periodo de 7 días (J 40 a J 47) antes de la adición de meiofauna, y en un segundo período de 7 días (J 48 a J 56) después de la adición de meiofauna. Se calcula de esta manera la velocidad de muestreo (expresada en mg de nitrato eliminado por día por gramo de materia orgánica) de nitratos de agua de río contaminada durante los períodos primero y segundo por la "biopelícula" una sola mano y por la "biopelícula" en presencia de la comunidad de especies vivas de invertebrados bénticos de tipo meiofauna.

65 **[0085]** En un cuarto dispositivo (D<sub>4</sub>) de una cuarta condición experimental (C<sub>4</sub>), primero se divide en un flujo de agua de río a través del granulado para una duración del orden de 40 días para permitir la formación de una "biopelícula" en la superficie de las partículas sólidas granulares, luego se añade a continuación a la cabeza de dispositivo de saneamiento la comunidad de especies que forma meiofauna de invertebrados bénticos vivos, y una comunidad de

invertebrados bénticos vivos, formando una macrofauna, extraída de un afluente del Ariege (Lèze, Haute-Garonne, Francia, un lugar llamado "la Fagette"), dichos organismos bénticos tienen un tamaño medio mayor que 250 µm.

**[0086]** La composición macrofaunal introducida en el sistema de saneamiento (C<sub>4</sub>) se da en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

Organismo	Número de organismo
Nematodos	2
Oligoquetos	48
Hidracarina	47
Elmis	1
Esolus	24
Limnius	4
Ouliminus	6
Macronychus	2
Ceratopogonidae	4
Chironomii	1
Tanytarsinii	2
Orthocladinae	7
Tanyponidae	37
Hemerodromiinae	2
Tipuloidae	1
Cyclopidae	9
Indeterminados	14
Número total de organismos	211

**[0087]** La masa seca macrofaunal introducida en el sistema de saneamiento (C<sub>4</sub>) es 7,61 mg. La masa seca macrofaunal introducida en el sistema de saneamiento (C<sub>4</sub>) por gramo de granulado era de 1,24 m/g.

**[0088]** Se mide la tasa de nitrato de aguas de río contaminadas sobre un primer periodo de 7 días (J 40 a J 47) antes de la adición de macrofauna, y en un segundo período de 7 días (J 48 a J 56) después de la adición de macrofauna. De esta manera se calcula la velocidad (V<sub>p</sub>[NO<sub>3</sub>]) de extracción (expresada como mg de nitrato eliminado por día por gramo de materia orgánica, mg.d<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>) de nitrato de agua de río contaminada en el primer y segundo período en el granulado (C<sub>1</sub>) solo sin "biopelícula" por la "biopelícula", presentada el granulado (C<sub>2</sub>) por la "biopelícula" en presencia de la comunidad de especies de organismos invertebrados bénticos de tipo meiofauna de la clase (C<sub>3</sub>) y por la "biopelícula" en presencia de la comunidad de especies de organismos bénticos tales como meiofauna y macrofauna (C<sub>4</sub>).

**[0089]** Los valores medios (+/- diferencia-tipo) estimados sobre al menos tres recipientes en réplica de la velocidad (V<sub>r</sub>[NO<sub>3</sub>]) de retención de nitratos (en mg por día y por gramo de granulado se dan en tabla 3 más adelante bajo las condiciones de C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> descritas anteriormente antes de la introducción (a) de la comunidad de especie bentónica de invertebrados en el sistema de saneamiento y después de introducción (b) de la comunidad de especie de organismos invertebrados bénticos en el dispositivo de saneamiento.

Tabla 3

	Antes de la introducción (J 40 a J 47)			Después de la introducción (J 48 a J 56)			
	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
V <sub>p</sub> [NO <sub>3</sub> ] +/- ET	13,4+/- 7,8	11,8+/- 4,5	14,3+/- 10,8	5,7+/- 2,9	16,1+/- 5,8	30,0+/- 8,5	49,4+/- 13,9

**[0090]** Se analiza la concentración de nitratos de acuerdo con un método cromatográfico de iones de alto rendimiento. Las muestras se recogen en el tanque y se filtraron a través de un filtro de membrana de celulosa que tiene un tamaño de poro de 0,22 µm (VWR, Fontenay-sous-bois, Francia).

**[0091]** Se determina el contenido de los sistemas de aguas residuales en la materia orgánica por diferencia (AFDM "Ash Free Dry Mass") entre la masa de una muestra de material granular tomado de un dispositivo de purificación y

se secó durante 48 h en 105°C y la masa de la muestra seca y luego se trató por pirólisis a 500°C durante 5 h, convirtiéndose la materia orgánica en cenizas. La cantidad de materia orgánica de cada uno de los dispositivos (D<sub>1</sub>) (D<sub>2</sub>), (D<sub>3</sub>) y (D<sub>4</sub>) tiene un contenido de materia orgánica del orden de 6,0 +/- 0,9 mg de materia orgánica por gramo de granulado. Tal cantidad de material orgánico que corresponde a un porcentaje en peso de carbono con respecto al granulado en el intervalo de 0,6 +/- 0,1%. Por ejemplo, la cantidad de material orgánico de macrofauna en la condición (C<sub>4</sub>) es 1,21 mg por gramo de granulado de materia orgánica, que corresponde a un porcentaje en peso de carbono de macrofauna relativo a carbono de la materia orgánica total del orden de 0,02%.

**[0092]** EJEMPLO 2 - Un método para tratar agua contaminada por diuron (N'-(3,4-diclorofenilo)-N, N-dimetilurea, CAS 330-54-1).

**[0093]** Diurón (Sigma-Aldrich, Saint Quentin Fallavier, Francia) es un herbicida de la familia de fenilurea detectado en el río Garonne a una concentración de aproximadamente 0,2 mg/L en promedio. La toxicidad de diuron se ha demostrado por muchos organismos acuáticos, especialmente para las larvas de anfibios, incluyendo larvas de Xenopus. Se prepara una solución de diuron en dimetilsulfóxido (DMSO) a una concentración de 64 mg/ml y se añade al volumen del depósito de esta solución adaptada para obtener una concentración final de diuron en el agua del tanque 30 µg/L.

**[0094]** En este ejemplo, se analiza la presencia residual de diuron en salida de agua descontaminada de un dispositivo de drenaje de un agua residual líquida de acuerdo con la invención a través del análisis de la toxicidad del agua descontaminada extraída ligeramente en la salida del dispositivo de saneamiento. En particular, se analiza esta toxicidad respecto al desarrollo de larvas de Xenopus entre las etapas de 50 y 54 días.

**[0095]** El aparato de purificación de aguas residuales comprende una columna de filtración de PVC en sección transversa circular y 7 cm de diámetro y una altura de 20 cm (volumen total de 770 cm<sup>3</sup>). En esta columna de filtración, hay capas sucesivas de material sólido en el estado dividido, la capa (L<sub>1</sub>) inferior de grava tiene un tamaño medio de partícula de entre 5 mm y 15 mm, la capa (L<sub>2</sub>) de grava inmediatamente por encima de la capa (L<sub>1</sub>) que tiene un tamaño medio de partícula del orden de 0,5 mm, la capa (L<sub>3</sub>) de arena inmediatamente por encima de la capa (L<sub>2</sub>), la capa (L<sub>4</sub>) de grava inmediatamente por encima de la capa (L<sub>3</sub>) que tiene un tamaño de partícula medio de aproximadamente 0,5 mm y la capa (L<sub>5</sub>) de arena inmediatamente por encima de la capa (L<sub>4</sub>) y adaptada para permitir enterrar cuerpos invertebrados bénticos introducidos en el dispositivo saneamiento. El espesor de cada capa sucesiva de material sólido en estado dividido es del orden de 2,5 cm.

**[0096]** Se obtiene en tales materiales sólidos un estado dividido por tamizado de una mezcla de arena/grava sobre tamices calibrados. La columna de filtración se coloca en el extremo inferior, conteniendo el agregado de partículas sólidas una película porosa de porosidad del orden de 300 µm y se mantiene en el extremo superior de dicha columna de filtración que contiene el material granular de un espesor de agua de río (Garonne, Francia) de un espesor de aproximadamente 2 cm.

**[0097]** El dispositivo de saneamiento se alimenta con agua de río (Garonne, Francia) a partir de un depósito de un volumen de 100 L usando una bomba peristáltica (323Du, Watson-Marlow) conectada por un tubo de silicona opaca (de diámetro de 3,2 mm) a una entrada de fluido del dispositivo de saneamiento situado en el extremo superior de dicha columna de filtración de agua. El tanque de agua de río está dotado además de una oxigenación de dicho dispositivo de agua de río. La concentración de oxígeno del agua de río en el depósito se mantiene constante por burbujeo continuo de aire en el tanque. La temperatura media del agua es de aproximadamente 17°C.

**[0098]** En un proceso de purificación de agua contaminada según la invención, se realiza una circulación de agua de río nitrógeno enriquecida con nitrógeno (KNO<sub>3</sub>) y carbono (acetato de sodio) mediante la adición regular de nutrientes -en el dispositivo de saneamiento para un período de aproximadamente 48 días a fin de permitir la formación de la "biopelícula" en la superficie del agregado.

**[0099]** A continuación, se añade (J 49) en el dispositivo de saneamiento una comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos. Se introduce en (J 60) en el agua de río una cantidad de diuron (8 mg/L) y tiene lugar la circulación del agua del río contaminada con diuron y KNO<sub>3</sub> enriquecido y acetato de sodio en el dispositivo de descontaminación. Se lleva a cabo muestras diarias de agua del río en la salida de cada dispositivo de saneamiento.

**[0100]** En un primer dispositivo (D<sub>5</sub>), el saneamiento se lleva a cabo en una condición (C<sub>5</sub>) un método de tratamiento de agua contaminada según la invención se mezcla en comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos, una macrofauna y una meiofauna como se describe en el ejemplo 1.

**[0101]** En un segundo dispositivo (D<sub>6</sub>) de saneamiento implementado en una condición (C<sub>6</sub>) de un método de tratamiento de agua contaminada según la invención, se añade al título de comunidad de especie de invertebrados bénticos vivos sólo una meiofauna que se describe en el ejemplo 1.

**[0102]** en un tercer dispositivo (D<sub>7</sub>) para controlar un dispositivo de purificación (D<sub>5</sub> y D<sub>6</sub>) de acuerdo con la invención, se lleva a cabo la misma secuencia que (C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>), pero sin adición de una comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos (C<sub>7</sub>).

**[0103]** Los resultados de toxicidad de agua extraída en la salida de los dispositivos D<sub>5</sub>, D<sub>6</sub> y D<sub>7</sub> de tratamiento de

agua según la invención después de 18 días de la circulación de dicha agua en el sistema de aguas residuales, se expresan en la tabla 4 a continuación por la mortalidad de larvas de *Xenopus* expuestas al agua obtenida después de 18 días de tratamiento en el dispositivo.

5

Tabla 4

10

	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>		C <sub>7</sub>		
Diuron inicial, µg/L	30	30	15	30	15	7,5
Mortalidad, %	7	100	29	100	100	15

15

**[0104]** La condición C<sub>5</sub> (meiofauna y macrofauna) permite la descontaminación de un agua de río contaminada a diuron y la producción de un agua de río de toxicidad reducida (mortalidad 7%).

**[0105]** EJEMPLO 3 - Ensayo comparativo de un dispositivo de acuerdo con la invención y un dispositivo que comprende gusanos oligoquetos.

20

**[0106]** Se lleva a cabo un dispositivo de purificación (D<sub>8</sub>) de un agua residual de acuerdo con la invención como se describe en el Ejemplo 2 y que se prepara mediante el dibujo en una corriente de agua (Lèze, Alta Garonne, Francia) por medio de un tamiz de malla igual a 500 µm, una comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos cuya composición se da en la tabla 5 a continuación.

25

Tabla 5

30

Organismos	Número de personas
Elmidae	26
Dryopidae	1
Chrysomelidae	2
Quironómidos	91
Tabanidae	11
Empididae	7
Athericidae	2
Ceratopogonidae	6
Psychomyida correo	1
Ecnomidae	7
Ácaros del agua	4
Baetidae	1
Total	159

35

40

45

**[0107]** La masa (peso seco) de la comunidad de especies de organismos invertebrados macro-bénticos vivos añadidos al dispositivo de saneamiento (D<sub>8</sub>) es de 25 +/- 4 miligramos.

**[0108]** La masa (peso seco) de la comunidad de especies de organismos invertebrados meio-bénticos vivos añadidos al dispositivo de saneamiento (D<sub>8</sub>) es de 1 +/- 3 miligramos.

50

**[0109]** Se lleva a cabo en paralelo un dispositivo (D<sub>9</sub>) comparativo en el que la comunidad de especies de invertebrados bénticos se sustituye por gusanos oligoquetos de la especie *Tubifex tubifex*. La masa de gusanos *Tubifex tubifex* es del orden de 500 mg (peso húmedo) por el dispositivo de saneamiento y es representativa de la densidad media de estos gusanos oligoquetos en el medio natural (56.000 de gusanos oligoquetos/m<sup>2</sup> de río).

55

**[0110]** Se realiza en paralelo un dispositivo (D<sub>10</sub>) de control en el que no se introduce ningún organismo bentónico.

60

**[0111]** En los dispositivos (D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>) de saneamiento de aguas residuales, una circulación de agua se lleva a cabo de río (Garonne, Francia) durante toda la duración del experimento (73 días) para permitir la formación de la "biopelícula" en la superficie de partículas sólidas del agregado. Durante los primeros 62 días de funcionamiento de dicha agua de río (libre de diuron) en los dispositivos (D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>) de saneamiento, se añade en el depósito una cantidad de acetato de sodio a fin de mantener la concentración de acetato de sodio en el depósito a un valor del orden de 30 mg de carbono/L y una cantidad de nitrato de potasio para mantener la concentración de nitrato de potasio en el depósito a un valor en el intervalo 50 mg de nitrato por litro.

65

**[0112]** En el 49º día de flujo del agua de río suplementado con nutrientes, se introduce en la columna de filtración de dispositivos de saneamiento (D<sub>8</sub> y D<sub>9</sub>), respectivamente una comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos

(D<sub>8</sub>) y una cantidad de gusanos oligoquetos -*Tubifex tubifex*- (D<sub>9</sub>).

**[0113]** El procedimiento es la adición de diuron en el depósito de los tres dispositivos (D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>). Después de 10 días de circulación del agua en el sistema de saneamiento, analizamos la toxicidad de agua desde el depósito de cada uno de los tres dispositivos (D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>) mediante la exposición de las larvas de *Xenopus* en tanque de agua de cada uno de los dispositivos (D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub> y D<sub>10</sub>). Además, se realiza las siguientes comprobaciones:

- exposición de larvas *Xenopus* en agua de río no tratada en un dispositivo de saneamiento para aguas residuales (control negativo T (-));
- exposición de larvas *Xenopus* en agua de río que contiene 286 µl de DMSO a título de disolvente de diuron (control T<sup>DMSO</sup>);
- exposición de larvas *Xenopus* en agua de río que contiene un compuesto genotóxico, ciclofosfamida, a una concentración de 20 mg/L (control T positivo (+));
- exposición de larvas *Xenopus* al depósito de agua de un dispositivo (D<sub>11</sub>) de saneamiento del agua sin "biopelícula" o comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos;
- exposición de larvas *Xenopus* al depósito de agua de un dispositivo (D<sub>10</sub>) de saneamiento del agua con "biopelícula" pero sin comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos;
- exposición de larvas *Xenopus* al depósito de agua de un dispositivo (D<sub>9</sub>) de saneamiento del agua con "biopelícula" y gusanos oligoquetos;
- exposición de larvas *Xenopus* al depósito de agua de un dispositivo (D<sub>8</sub>) para el saneamiento de agua con "biopelícula" y la comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos.

**[0114]** La toxicidad aguda del agua desinfectada se mide por incubación de las larvas de *Xenopus*, seleccionadas en una etapa de desarrollo de 50 a 54 días, por un período de 12 días con dicha agua desinfectada en larvas. Tal medida permite observar signos de intoxicación de larvas inducida por la exposición de agua obtenida a la salida del dispositivo de saneamiento en el final del tratamiento. Los resultados se dan en la Tabla 6 a continuación.

Tabla 6

Toxicité	T(-)	T <sub>DMSO</sub>	T(+)	D <sub>11</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>9</sub>	D <sub>8</sub>
de 1 a 5 días	Ausencia de toxicidad	Ausencia de toxicidad	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Toxicidad débil
de 5 a 12 días	Ausencia de toxicidad	Ausencia de toxicidad	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Toxicidad letal	Retraso y parada en crecimiento

**[0115]** Los resultados de genotoxicidad, medidos según ISO 21427-1 (noviembre de 2006, Calidad del agua - Evaluación de la genotoxicidad mediante la medición de la inducción de micronúcleos - Parte I: Evaluación de genotoxicidad usando larvas de anfibios) muestran una genotoxicidad demostrada en el control positivo T(+) y significativamente mayor que el control negativo T(-) y la de agua limpia obtenida por un proceso de acuerdo con la invención (D<sub>8</sub>).

**[0116]** La presencia de la comunidad de especies de invertebrados bénticos vivos descrita en la Tabla 5 en el dispositivo (D<sub>8</sub>) de saneamiento de aguas residuales permite la producción de un agua descontaminada que tiene una toxicidad reducida en las larvas de *Xenopus*, en comparación con el agua obtenida con un dispositivo (D<sub>9</sub>) que sólo comprende gusanos oligoquetos.

**Reivindicaciones**

- 5 1. Un dispositivo (1) para esterilizar aguas residuales líquidas, que comprende:
- un recipiente (2) adecuado para contener un agregado (3) constituido por partículas sólidas y para permitir el contacto entre las partículas sólidas del agregado (3) y dicho agua residual líquida que fluye en dicho recipiente (2) entre:
    - 10 • una entrada (4) de dicha agua residual líquida dentro de dicho recipiente, y;
    - una salida (5) para el agua sustancialmente descontaminada del recipiente (2);
  - una comunidad, denominada comunidad de microorganismos, de al menos una especie de microorganismo que se extiende sobre la superficie y en contacto con las partículas sólidas del agregado (3) y que forma una matriz adecuada para el desarrollo de dicha comunidad de microorganismos;
  - 15 - al menos un invertebrado béntico vivo seleccionado del grupo constituido por los invertebrados bénticos vivos denominados organismos macrobénticos, de tamaño medio superior a 250  $\mu\text{m}$ , distribuidos en el agregado (3);
  - al menos un invertebrado béntico vivo seleccionado del grupo constituido por los invertebrados bénticos vivos denominados organismos mediobénticos, con un tamaño medio de 50  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , distribuidos en el agregado (3); **caracterizado en que** los organismos macrobénticos y los organismos mediobénticos forman una comunidad de una o más especies de organismos invertebrados bénticos que comprenden una proporción de organismos invertebrados eliminadores, expresados como un porcentaje del peso seco de los organismos invertebrados eliminadores y del peso seco de los organismos invertebrados bénticos de dicha comunidad de especies, de 60% a 80%.
- 20 2. El dispositivo (1) según la reivindicación 1, en el que el agregado (3) tiene una porosidad media en el recipiente (2) de 20% a 40%.
- 30 3. El dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que los organismos macrobénticos se seleccionan del grupo constituido de los organismos del filo de los hirudíneos, los organismos del filo de los oligoquetos, los organismos del filo de los artrópodos y los organismos del filo de los moluscos.
- 35 4. El dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los organismos mediobénticos se seleccionan del grupo constituido por los organismos del filo de los nematelmintos, los organismos del filo de los cladóceros, los organismos del filo de los rotíferos, los organismos del filo de los copépodos, los organismos del filo de los gastrotríches y los organismos del filo de los foraminíferos y los organismos del filo de los tardígrados.
- 40 5. El dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la comunidad de microorganismos comprende microorganismos unicelulares seleccionados del grupo constituido por bacterias, algas, hongos y protozoos.
- 45 6. El Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los organismos macrobénticos son los organismos macrobénticos de una comunidad de al menos una especie de invertebrado béntico vivo seleccionado del grupo constituido por las comunidades de especies de invertebrados bénticos vivos recogidos en el lecho de un curso de agua natural, las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos del lecho de un curso de agua modificado, las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos del lecho de un curso de agua artificial y las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos en un estanque de cría.
- 50 7. El dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los organismos mediobénticos son los organismos mediobénticos de una comunidad de al menos una especie de invertebrado béntico vivo seleccionado del grupo constituido por las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos en el lecho de un curso de agua natural, las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos del lecho de un curso de agua modificado, las comunidades de una o más especies de los invertebrados bénticos vivos recogidos del lecho de un curso de agua artificial y las comunidades de una o más especies de invertebrados bénticos vivos recogidos en un estanque de cría.
- 55 8. El dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la proporción del peso seco expresado en mg de los organismos invertebrados bénticos vivos contenidos en el recipiente (2) y el volumen (en  $\text{dm}^3$ ) del agregado (3) contenido en el recipiente (2) es superior a 5  $\text{mg}/\text{dm}^3$ .
- 60 9. El dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende un depósito (6) capaz de contener una cantidad de aguas residuales líquidas, perteneciendo dicho depósito a un circuito para hacer circular dicha agua residual líquida entre dicho tanque (6) y la entrada (4) del recipiente (2) y para devolver el agua sustancialmente descontaminada entre la salida (5) del recipiente (2) hacia la entrada de fluido (4) de dicho recipiente (2) a través del depósito (6).
- 65

**10.** El dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende medios de oxigenación del agua sustancialmente descontaminada con un fluido gaseoso.

5 **11.** Un método para tratar aguas residuales líquidas con el fin de su descontaminación, en el que:

- se selecciona un agregado (3) constituido por partículas sólidas, y luego;
- dicho agregado (3) se coloca dentro de un recipiente (2) adecuado para poder mantener el contacto entre dicho agregado (3) y un flujo de agua líquida percolante que fluye en dicho recipiente (2), y luego;
- 10 - se forma un flujo del agua líquida de percolación en contacto con el agregado (3) entre:

o una entrada de agua líquida (4) del recipiente (2), y;  
una salida de agua líquida (5) del recipiente (2);

15 y dicho flujo se mantiene durante un período especificado junto con condiciones adecuadas para establecer una comunidad, denominada comunidad de microorganismos, de al menos una especie de microorganismo en la superficie de y en contacto con las partículas minerales del agregado (3) y para formar una matriz adecuada para el desarrollo de dicha comunidad de microorganismos, y luego;

- se seleccionan los siguientes:

- 20 • Al menos un invertebrado béntico vivo del grupo constituido por los invertebrados bénticos vivos denominados organismos macrobénticos, de tamaño medio superior a 250 mm, y dicho organismo macrobéntico se distribuye en el agregado (3), y;
- 25 • Al menos un invertebrado béntico vivo del grupo constituido por invertebrados bénticos vivos denominados organismos meiobénticos, con un tamaño medio de 50 mm a 250 mm, y dicho organismo meiobéntico se distribuye(n) en el agregado,

Los organismos macrobénticos y los organismos meiobénticos que forman una comunidad de una o más especies de organismos invertebrados bénticos que comprenden una proporción de organismos invertebrados eliminadores, expresados como un porcentaje del peso seco de los organismos invertebrados eliminadores y del peso seco de los organismos invertebrados bénticos de dicha comunidad de una o más especies, de 60% a 80%, y luego;

30 - se introduce un flujo del agua residual líquida en el recipiente (2) de tal manera que permita su descontaminación y la formación de un flujo de agua sustancialmente descontaminada en la salida de agua líquida (4) del recipiente (2).

35 **12.** El método según la reivindicación 11, en el que la comunidad de una o más especies de invertebrado béntico vivo se recoge por filtración a partir de un sedimento seleccionado del grupo constituido por los sedimentos del lecho de un curso de agua natural, sedimentos del lecho de un curso de agua modificado, los sedimentos del lecho de un curso de agua artificial y los sedimentos de un estanque de cría.

40 **13.** El método reivindicado en una de las reivindicaciones 11 ó 12, en el que es adecuado permitir el tratamiento para impedir la obstrucción de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10.

45 **14.** El uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10 para reducir el nivel de nitrógeno en agua contaminada.

**15.** El uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10 para reducir el nivel de agua de protección en el agua contaminada.

50

55

60

65