



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1029541 B1

(47) Date de délivrance : 30/01/2023

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 30/01/2023

(21) Numéro de demande : BE2021/5511

(22) Date de dépôt : 30/06/2021

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : C02F 3/10, C02F 3/04, B01D 39/04, C02F 3/12

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

ELOY WATER
SA
4140 , SPRIMONT
Belgique

(72) Inventeur(s) :

ELOY Olivier
4140 SPRIMONT
Belgique

DESMOLLES Matthias
31400 TOULOUSE
France

VILLALOBOS GARCIA Jesús Francisco
31400 TOULOUSE
France

COLLIENNE Amandine
4860 WEGNEZ
Belgique

VAN BUGGENHOUT Cynthia
4860 CORNESSE
Belgique

PAULUS Alexandre
4870 TROOZ
Belgique

(54) MATÉRIAU FILTRANT DESTINÉ AU TRAITEMENT DES EAUX USÉES

(57) Matériau filtrant végétal destiné au traitement des eaux usées comprenant de la cellulose et de la lignine, ledit matériau filtrant végétal étant caractérisé en ce qu'il comprend des morceaux de bois formant une population de morceaux, ladite population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 25 mm et lesdits morceaux de bois étant des morceaux de bois torréfié.

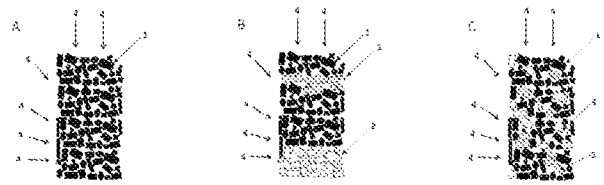


FIG. 2

MATÉRIAU FILTRANT DESTINÉ AU TRAITEMENT DES EAUX USÉES

La présente invention se rapporte à un matériau filtrant végétal destiné au traitement des eaux usées comprenant de la cellulose et de la lignine.

5 Le traitement des eaux usées comprend trois grands axes, les eaux usées domestiques, municipales et industrielles. Les eaux usées domestiques comprennent les eaux usées des habitations particulières, mais aussi les eaux usées de petites collectivités comme par exemples d'un complexe hôtelier, de camping, d'un lotissement, de bureaux, d'immeubles
10 résidentiels, de petits villages.

Les eaux usées domestiques biodégradables ne peuvent pas être directement rejetées dans un milieu hydraulique superficiel mais doivent préalablement subir des traitements d'épuration ayant pour fonction de diminuer leur caractère polluant, de façon à leur permettre de satisfaire à des
15 normes qui ont été établies par la législation.

De manière classique, les eaux usées sont soumises à un prétraitement anaérobie, combiné à un processus de décantation, dans une cuve de décantation, communément appelée fosse septique ou fosse toutes eaux, ce qui permet de séparer une grande partie des matières en suspension
20 (MES) et éventuellement des flottants. Ce prétraitement peut être suivi d'un traitement aérobie des eaux clarifiées par des bactéries.

Différents fabricants proposent actuellement sur le marché des dispositifs d'assainissement des eaux usées formés par une association entre une fosse septique ou fosse toutes eaux et un filtre monté en aval de cette
25 fosse.

Un tel filtre comporte une enceinte étanche destinée à être enterrée, est munie d'une tubulure d'entrée des effluents provenant de la fosse septique ou fosse toutes eaux et d'une tubulure de sortie des effluents filtrés.

Cette enceinte accueille un massif ou lit filtrant formé par un
30 matériau filtrant support de biomasse aérobie.

Le matériau filtrant idéal présente une grande durée de vie et des performances épuratoires adéquates. Les performances épuratoires peuvent être directes ou indirectes. Par exemple, le charbon actif présente une performance épuratoire directe en neutralisant directement des polluants présents dans les effluents lorsque ces polluants sont au contact du charbon actif. Alternativement, un matériau filtrant qui permet la croissance de bactéries qui y adhèrent pour digérer les polluants aura une performance épuratoire indirecte. Bien entendu, les deux types de performances épuratoires sont parfois combinées.

Par exemple, différentes propriétés physiques et chimiques se sont révélées importantes comme :

- la rétention massique ou volumique en eau qui définit la capacité du matériau filtrant à retenir une grande quantité d'eau liée au sein de la porosité intra particulaire après séchage (élimination de l'eau libre), pour maintenir le matériau humide. Une humidité maintenue dans le matériau au cours du temps permet au matériau de créer un environnement favorable à l'activité bactérienne des bactéries qui y adhèrent, et ce même en l'absence d'alimentation en effluents contenant de la matière à digérer. En revanche une rétention en eau trop élevée peut aussi créer une dégradation accélérée du matériau. De plus, lorsque le matériau forme un lit ou massif filtrant, il est également important d'avoir un profil de teneur en eau dans le matériau filtrant homogène dans le volume du massif ou lit filtrant, et ce de manière à avoir un biofilm uniforme et efficace dans le volume du lit filtrant ou du massif filtrant.
- Le tassement hydraulique correspondant au tassement du matériau filtrant après déversement d'une quantité d'eau importante sur le matériau filtrant, la quantité d'eau importante correspondant par exemple à 2 fois le volume total du matériau filtrant en moins de 5 minutes. Un tassement hydraulique élevé rendra le matériau filtrant moins résistant à la dégradation et provoquera une réduction d'efficacité du matériau filtrant au cours du temps. En effet, un tassement hydraulique très faible, par exemple inférieur à 3% par rapport à un volume initial du matériau filtrant, assure une bonne

conservation du matériau filtrant sans risque de colmatage et/ou sans réduction des performances épuratoires du matériau filtrant.

- 5 - La teneur en matières hydrosolubles présentes dans le matériau filtrant permet d'évaluer le pourcentage massique de matière qui sera lessivé par la circulation d'eau. Ceci traduit deux phénomènes, d'une part une libération de matières hydrosolubles issue du matériau filtrant, provoquant sa dégradation, et d'autre part, la libération par lessivage de ces matières hydrosolubles qui se retrouvent dans les eaux filtrées. Un pourcentage trop élevé en matières hydrosolubles, par exemple
10 supérieur à 10%, ne donne pas un matériau filtrant stable au cours du temps.
- 15 - La capacité en air représentant l'espace interstitiel disponible entre des particules ou des grains du matériau filtrant pour une circulation de l'oxygène requis pour la digestion aérobie par les bactéries. Une bonne
15 capacité en air permet une oxygénation optimale du matériau et donc un développement d'un biofilm aérobie favorable à une épuration efficace.

Concernant les performances de la digestion aérobie, un matériau filtrant est adéquat s'il permet un maintien durable de la population
20 bactérienne pour une digestion aérobie optimale une fois colonisé par la population bactérienne. Un matériau filtrant colonisé par la population bactérienne diminue dans les eaux usées :

- 25 - la pollution carbonée définie par la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5),
- la quantité de matières en suspension,
- la demande chimique en oxygène,
- la pollution azotée résultant du traitement de l'azote présent dans les
 eaux usées par les bactéries qui dégradent l'ammonium (NH_4) et
 produisent des nitrates (NO_3^-).

30 En plus de posséder de bonnes propriétés physiques et chimiques et de bonnes performances épuratoires lorsqu'il est colonisé, il est important que le matériau filtrant soit bon marché de manière à être rentable

économiquement, qu'il soit aussi abondant, facile d'accès quel que soit le territoire donné, et écologique.

Un filtre dont le matériau filtrant est préparé à base d'écorces de pin est connu par exemple du document EP2976301. Selon ce document, un
5 matériau filtrant à base d'écorces de pin est léger et permet d'obtenir des performances épuratoires en accord avec la réglementation en assainissement domestique. Cependant, les écorces de pin sont sensibles au tassement hydraulique impactant ainsi la durabilité du matériau filtrant.

Un autre filtre dont le matériau filtrant est constitué exclusivement
10 de fibres en vrac de chènevotte de chanvre est connu du document WO201713312. Ce document propose un système de filtration compact tout en évitant le colmatage du filtre, et permettant de ne pas remplacer trop fréquemment le matériau filtrant. Cependant, la disponibilité du chanvre est non uniforme à l'échelle mondiale avec la Chine qui produit près de la moitié
15 de la production mondiale. Le reste étant cultivé essentiellement en France, en République démocratique de Corée et en Espagne.

Par ailleurs, un filtre dont le matériau filtrant renferme au moins une couche de coquilles de noisettes concassées est connu du document EP3008018. Selon ce document, ce filtre est destiné à une filière
20 d'assainissement domestique des eaux usées basé sur un massif filtrant renfermant un matériau disponible en grande quantité, donc peu onéreux et présentant parallèlement des performances de filtration totalement satisfaisantes. Bien que ce document vante les mérites de sa technologie, la disponibilité des coquilles de noisette à l'échelle mondiale s'étend le long
25 d'une bande de latitude entre 30 et 45° nord. De plus, suivant ce document, il est préférable que le filtre possède une couche de ré-aération en matière plastique entre deux couches de coquilles de noisettes, et ce pour favoriser le développement de bactéries aérobies. L'utilisation d'une couche en matière
30 plastique représente donc un impact environnemental néfaste de ce filtre. Enfin, les cultures de noisetiers sont souvent attaquées par des insectes comme le balanin des noisettes. Pour lutter contre cet insecte nuisible dans des cultures intensives, des insecticides sont utilisés. Ceux-ci se retrouveront inévitablement sur les coques de noisettes, ce qui peut engendrer une pollution dans le

traitement des eaux usées lorsque des coquilles de noix sont utilisées comme matériau filtrant.

5
10
15
20
25
30

Finalement, le document FR2331515 mentionne un support de lits bactériens pour épurer les eaux résiduaires domestiques et industrielles à l'aide de charbon d'origine végétale qui présente une faible densité apparente et ayant un grand pouvoir hydrophile. Le procédé de fabrication de ce charbon d'origine végétale hydrophile comporte une étape de traitement du bois avec un acide sulfurique pour le défibrer. Ensuite, ce bois défibré est pyrolysé pour former du charbon d'origine végétale. Selon ce document, ce charbon possède de bonnes capacités épuratoires. Par contre, sachant que le bois doit être traité avec des produits chimiques comme l'acide sulfurique et doit être pyrolysé entraînant une consommation importante d'énergie thermique, ce procédé d'obtention de ce charbon d'origine végétale n'est pas écologique et présente une rentabilité économique limitée.

15
20
25
30

Malheureusement, comme on peut le constater, les matériaux filtrants tels que décrits ci-dessus présentent encore de nombreux inconvénients. En effet, si certains possèdent une durée de vie acceptables et/ou des performances épuratoires en accord avec la législation, la disponibilité de certains matériaux reste problématique. Pourtant, il est important, d'autant plus dans des domaines d'application à impact environnemental, d'entrer dans un processus d'économie circulaire impliquant que le matériau filtrant soit bon marché de manière à être rentable économiquement, qu'il soit aussi abondant, facile d'accès, et écologique.

25
30

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients en procurant un matériau filtrant peu coûteux, abondant, facile d'accès, écologique et présentant des caractéristiques de durabilité et des caractéristiques épuratoires adéquates, tant à l'état colonisé qu'en vrac. Pour ceci, la présente invention procure un matériau filtrant végétal caractérisé en ce qu'il comprend des morceaux de bois formant une population de morceaux, ladite population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 25 mm et lesdits morceaux de bois étant des morceaux de bois torréfié.

Au sens de la présente invention, on entend par le terme « morceaux », par exemple des plaquettes, des grains, des fibres, des briquettes, des billes ou des granulés.

5 Selon la présente invention, un matériau filtrant comprenant des morceaux de bois torréfié selon une distribution granulométrie des morceaux de bois torréfié comme précité présente des caractéristiques physico-chimiques qui permettent d'obtenir une rétention en eau massique suffisamment faible pour éviter une dégradation rapide du matériau et suffisante pour le développement du biofilm aérobic et présente également
10 un faible pourcentage de matière hydrosoluble compatible avec une conservation optimale du matériau filtrant. Selon la présente invention, le matériau filtrant présente également sous forme de lit filtrant une capacité en air favorable au développement d'un biofilm aérobic et une très bonne résistance au tassement hydraulique.

15 En effet, contre toute attente, d'une part, les morceaux de bois torréfié permettent un développement et un maintien de la population bactérienne qui permet une digestion aérobic de la matière organique en suspension dans les eaux usées et d'autre part, les morceaux de bois torréfié sont résistants au tassement hydraulique et permettent de préparer un lit filtrant
20 approprié.

Le bois torréfié est connu en tant que combustible car il possède une grande valeur énergétique et est par conséquent de plus en plus utilisé dans le secteur de la bioénergie. Le bois torréfié est également de plus en plus utilisé dans le mobilier comme par exemple pour des clôtures, des meubles de
25 jardin, des planchers, etc...

Il est également connu qu'une biomasse torréfiée possède des caractéristiques de broyabilité plus importante que la biomasse brute correspondante (Baptiste Colin. *Modélisation de la torréfaction de plaquettes de bois en four tournant et validation expérimentale à l'échelle d'un pilote continu de laboratoire*. Génie des procédés. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2014. Français. NNT : 2014EMAC0015). Une plus grande broyabilité du bois
30 torréfié le rend plus maniable.

Il a été mis en évidence selon la présente invention que malgré la broyabilité plus aisée du matériau torréfié, les morceaux de bois torréfié sélectionnés pour présenter une distribution granulométrique entre 3 et 25 mm présentent une résistance au tassement hydraulique suffisante pour former un

5 lit filtrant durable. De plus, des morceaux de bois torréfié ayant une distribution granulométrique entre 3 et 25 mm fournissent également des propriétés de rétention d'eau adéquates tout en présentant une teneur en matières hydrosolubles réduites grâce à la torréfaction qui réduit la teneur des matières hydrosolubles présentes dans le bois et détruit les hémicelluloses pariétales ainsi

10 que les sucres accessibles. En conséquence, le bois devient résistant aux attaques de champignons, insectes xylophages et bactéries, ce qui augmente sa durabilité. Pourtant, malgré que le bois torréfié soit résistant aux attaques des microorganismes, il s'avère un support pour la population bactérienne tout à fait satisfaisant et le développement ainsi que le maintien du biofilm est

15 favorable. Le lit filtrant formé des morceaux de bois torréfié présente également une capacité en air appropriée au développement et au maintien du biofilm bactérien.

De plus, la torréfaction du bois permet de modifier la structure du bois à plus basse température que la pyrolyse, donc en utilisant moins d'énergie

20 et sans ajout de produit chimique, ce qui rend le processus de torréfaction plus rentable et plus écologique par rapport au processus de pyrolyse du bois précité.

En outre le bois, matière première du bois torréfié, est peu coûteux et durable. De plus, les morceaux de bois torréfié sont formés de

25 déchets de scierie, de production, de coupe et forment ainsi un sous-produit pour lequel le traitement des eaux usées devient une voie de valorisation. Le bois étant une ressource abondante dans de nombreux territoires, le matériau filtrant suivant la présente invention est en parfait accord avec une économie circulaire efficace, rentable et écologique en permettant une application

30 industrielle quel que soit le territoire.

Préférentiellement, dans le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention, lesdits morceaux de bois torréfié sont des plaquettes de bois torréfié.

Au sens de la présente invention, on entend par le terme « plaquette de bois torréfié » un corps de bois torréfié possédant une forme définie par trois dimensions, par exemple une épaisseur, une longueur et une largeur, et dans laquelle une des dimensions, par exemple l'épaisseur, est plus
5 petite que les deux autres dimensions.

Avantageusement, dans le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention, ladite population de morceaux comprend une première population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 10 mm et une
10 deuxième population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules supérieure à 10 mm et inférieure ou égale à 25 mm, ledit matériau filtrant présente une masse de la première population supérieure à celle de la deuxième population. En effet, une répartition adéquate de la distribution de taille des morceaux de bois torréfié en ayant plus de morceaux dont la
15 distribution de tailles est comprise entre 3 mm et 10 mm permet d'optimiser la surface spécifique du lit filtrant, c'est à dire à la fois la surface interstitielle entre les morceaux et la surface tenant compte de la porosité des morceaux, pour un développement d'un biofilm bactérien, ce qui augmentera les performances épuratoires du matériau filtrant. De plus, une telle répartition de
20 tailles des morceaux permet également une meilleure résistance au tassement et à la dégradation.

Préférentiellement, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention présente une capacité volumique de rétention d'eau comprise entre 5% et 35%, plus préférentiellement comprise
25 entre 7% et 25% en volume d'eau calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant. Une capacité volumique de rétention d'eau dans cette plage de valeur permet d'avoir (i) une conservation suffisante d'humidité pour maintenir le biofilm bactérien, et (ii) une dégradation lente du matériau filtrant car la capacité volumique de
30 rétention d'eau est suffisamment faible pour ralentir la putréfaction ou la dégradation du matériau filtrant.

De manière favorable, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention présente une densité apparente comprise entre 0,1 et 0,3 g/cm³.

De manière préférée, le matériau filtrant destiné au traitement
5 des eaux usées selon la présente invention présente en forme de lit filtrant une capacité en air comprise entre 20 et 50%, préférentiellement entre 30 et 40% en volume d'air calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant. Cette plage de valeur pour la capacité en air permet au matériau filtrant d'être suffisamment aéré, ce qui favorise une
10 croissance optimale du biofilm bactérien.

Avantageusement, dans le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention, lesdits morceaux de bois torréfié sont choisis dans le groupe des morceaux de bois de hêtre, du bois de pin, du bois de peuplier, du bois de frêne, du bois d'acacia, du bois
15 d'eucalyptus, du bois de résineux, et leurs combinaisons. En effet, les morceaux de bois torréfié peuvent être réalisés à partir de différents types de bois en fonction de la disponibilité des déchets de bois, par exemple déchets de scierie, dans le territoire dans lequel le matériau filtrant selon la présente invention est utilisé.

20 Préférentiellement, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention présente en forme de lit filtrant de matières sèches un volume initial et une résistance à la dégradation lorsqu'il forme un lit de matériau filtrant mesurée par un pourcentage de tassement moyen inférieur à 5%, préférentiellement inférieur à 4%, plus préférentiellement
25 inférieur à 3%, encore plus préférentiellement inférieur à 2%, de manière favorable inférieur à 1% par rapport au volume initial. En effet, le pourcentage de tassement moyen est calculé par un rapport entre la différence entre le volume initial occupé par un lit de matière sèche formé du matériau filtrant et le volume occupé par le lit de matière sèche formé du matériau filtrant après
30 56 jours au minimum et le volume initial du lit de matière sèche formé du matériau filtrant. En effet, un pourcentage de tassement moyen très faible assure une bonne conservation du matériau filtrant sans risque de colmatage et/ou sans réduction des performances épuratoires du matériau filtrant.

De manière avantageuse, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention présente une teneur en matières hydrosolubles comprise entre 1 et 6%, préférentiellement entre 2 et 4% en poids par rapport au poids de matériau filtrant. En effet, un tel pourcentage en matières hydrosolubles du matériau filtrant permet une bonne conservation du matériau filtrant et assure que des composés du matériau filtrant qui pourraient éventuellement être source de pollution ne soient pas relargués avec des eaux filtrées.

Avantageusement, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention comprend une teneur en morceaux de bois torréfié comprise entre 35 et 100% en poids par rapport au poids de matériau filtrant. En effet, un matériau filtrant comprenant des morceaux de bois torréfié et un ou plusieurs autres types de composés peut s'avérer avantageux en fonction des disponibilités des différents types de composés, et ce de manière à utiliser, en fonction du territoire donné, des composés disponibles localement pour former le matériau filtrant, ce qui réduit les coûts de transport.

Préférentiellement, le matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention forme un lit filtrant comprenant une ou plusieurs couches dudit matériau filtrant superposées sur une hauteur prédéterminée, dans lequel ladite une ou lesdites plusieurs couches comprennent ladite première population de morceaux et/ou ladite deuxième population de morceaux.

D'autres formes de réalisation du matériau filtrant destiné au traitement des eaux usées selon la présente invention sont indiquées dans les revendications annexées.

La présente invention se rapporte aussi à une cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées.

Avantageusement, la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées comprend :

- une enceinte de décantation des eaux usées agencées pour permettre aux matières solides en suspension de sédimenter dans une

zone inférieure de l'enceinte de décantation, et comprenant au moins une entrée d'eaux usées et au moins une sortie d'eaux clarifiées,

- une enceinte de filtration comprenant au moins une entrée d'eaux clarifiées, en communication fluïdique avec ladite au moins une sortie d'eaux clarifiées de ladite enceinte de décantation, et au moins une sortie d'eaux filtrées, entre lesquelles s'étend un lit filtrant comprenant le matériau filtrant selon l'invention, ledit lit de matériau filtrant présentant une face amont et une face aval selon une direction fluïdique de filtration.

10 Au sens de la présente invention, le terme « eaux clarifiées » désigne des eaux usées au moins partiellement déplétée en matières solides en suspension.

15 Au sens de la présente invention, le terme « direction fluïdique de filtration » désigne une direction moyenne des eaux au travers du lit de matériau filtrant entre ladite au moins une entrée d'eaux clarifiées et ladite au moins une sortie d'eaux filtrées. Cette direction moyenne représente une résultante des vecteurs de déplacement des eaux, ces vecteurs de déplacement des eaux au travers du lit de matériau filtrant peuvent être verticaux, horizontaux ou obliques selon différentes positions d'entrée des eaux clarifiées et des positions de sorties des eaux filtrées.

20 Une cuve d'épuration comprenant une enceinte de décantation en amont et une enceinte de filtration en aval permet de réduire la charge en matières organiques et en matières solides en suspension des eaux usées tout en évitant un colmatage du matériau filtrant.

25 De manière avantageuse, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, l'enceinte de décantation permet également une dégradation de matières organiques à l'aide du métabolisme de bactéries anaérobies.

30 Préférentiellement, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, ladite au moins une entrée d'eaux clarifiées de l'enceinte de filtration est localisée dans une zone supérieure de ladite enceinte de filtration et ladite au moins une sortie d'eaux filtrées est localisée

dans une zone inférieure de ladite enceinte de filtration. En effet, il est avantageux que la pesanteur soit un champ de force principal pour définir la direction fluïdique de filtration.

De manière préférée, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, la communication fluïdique entre ladite enceinte de filtration et ladite enceinte de décantation est réalisée au travers d'un distributeur d'eaux clarifiées qui comprend une pluralité de sorties d'eaux clarifiées, les sorties d'eaux clarifiées répartissant lesdites eaux clarifiées en une pluralité de positions à la face amont du lit filtrant. En effet, une bonne répartition des eaux clarifiées en amont du lit filtrant permettra d'utiliser un maximum de surface de filtration du lit filtrant, ce qui augmentera les performances épuratoires du lit filtrant.

Avantageusement, la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées comprend un moyen de répartition des eaux clarifiées, localisé en aval dudit distributeur, et comprenant un auget basculant. En effet, la présence d'un auget basculant favorisera d'autant plus une bonne répartition des eaux clarifiées sur le lit filtrant.

Préférentiellement, la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées comprend au moins une tubulure d'alimentation d'un gaz contenant de l'oxygène agencée pour fournir de l'oxygène dans l'enceinte de filtration pour permettre une digestion aérobie par une population bactérienne répartie sur le matériau filtrant.

De manière avantageuse, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, ladite enceinte de décantation et ladite enceinte de filtration possèdent des parois réalisées dans un matériau inerte par rapport à la corrosion.

Avantageusement, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, le lit de matériau filtrant présente une surface de filtration comprise entre 1 m² et 15 m², plus préférentiellement entre 2 m² et 10 m² et possède une hauteur de lit de filtration préférentiellement comprise entre 60 cm et 1 m, plus préférentiellement entre 80 cm et 95 cm, de manière préférée de 90 cm. En effet, une telle surface de filtration combinée à une telle

hauteur de filtration permet une filtration d'un volume d'eaux usées correspondant à une utilisation domestique courante.

De manière préférée, dans la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, le lit filtrant comprend préférentiellement un
5 matériau filtrant homogène mais ledit lit filtrant peut aussi comprendre au moins un matériau filtrant additionnel choisi dans le groupe du Xylit, des coques concassés de fruits à coque, du bois pyrolysé, du bois brut, et des fibres végétales, ledit matériau filtrant et ledit matériau filtrant additionnel étant agencés en mélange ou en couches superposées selon la direction fluïdique
10 de filtration.

D'autres formes de réalisation de la cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées selon la présente invention sont indiquées dans les revendications annexées.

La présente invention se rapporte aussi à un procédé
15 d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration.

Le procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration selon la présente invention comprend une zone de décantation et une zone de filtration comprenant un lit filtrant de matériau filtrant selon la présente invention, ledit lit filtrant présentant une face amont de lit filtrant et
20 une face aval de lit filtrant selon une direction fluïdique de filtration, ledit procédé comprenant les étapes de :

- une admission d'eaux usées dans la zone de décantation,
- une décantation des matières solides en suspension dans la zone de décantation formant un lit de matières solides
25 décantées et une phase liquide clarifiée,
- un transfert de la phase liquide clarifiée vers la zone de filtration,
- une répartition de la phase liquide clarifiée en une pluralité de positions à la face amont du lit filtrant,
- une filtration de la phase liquide clarifiée au travers du lit filtrant
30 selon la direction fluïdique de filtration avec une obtention d'eaux filtrées, et

- une évacuation des eaux filtrées par au moins une sortie d'eaux filtrées.

Avantageusement, dans le procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration, les eaux usées présentent une teneur initiale en ion nitrate et les eaux filtrées présentent une teneur en ion nitrate au moins 2 fois supérieure, préférentiellement au moins 3 fois supérieure, de manière favorable au moins 5 fois supérieure à la teneur initiale en ion nitrate des eaux usées.

De manière favorable, dans le procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration, les eaux filtrées présentent une demande biochimique en oxygène, DBO_5 , inférieure ou égale à $35 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$, préférentiellement inférieure ou égale à $30 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$, de manière favorable inférieure ou égale à $20 \text{ mgO}_2.\text{l}^{-1}$.

Préférentiellement, dans le procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration, les eaux usées présentent une teneur initiale en ion ammonium et les eaux filtrées présentent une teneur en ion ammonium diminuée d'au moins 50%, préférentiellement au moins 60%, de manière favorable au moins 70% par rapport à la teneur initiale en ion ammonium des eaux usées.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront de la description donnée ci-après, à titre non limitatif et en faisant référence aux dessins annexés.

La figure 1 montre une photographie de morceaux de bois torréfié comme matériau filtrant selon la présente invention.

La figure 2 est une représentation schématique en coupe de plusieurs lits filtrants comprenant des morceaux de bois torréfié.

La figure 3 est une représentation schématique en coupe d'une cuve d'épuration selon la présente invention.

La figure 4 montre les capacités de rétention volumique d'eau d'un lit filtrant formé de différents matériaux filtrants.

La figure 5 montre le tassement hydraulique moyen d'un lit filtrant selon la présente invention en comparaison du tassement hydraulique moyen d'un lit filtrant d'écorces de pin.

5 La figure 6 montre la teneur de matières hydrosolubles de matériaux filtrants selon la présente invention en comparaison de différents matériaux filtrants comparatifs.

La figure 7 montre une évolution temporelle de la concentration en nitrate des eaux filtrées par un lit filtrant de matériaux filtrants selon la présente invention en comparaison de lits filtrants de différents matériaux
10 filtrants comparatifs.

Sur les figures, les éléments identiques ou analogues portent les mêmes références.

La figure 1 montre des morceaux de bois torréfié obtenus par un processus de torréfaction tel que décrit dans le document US10526543, et
15 provenant de Saniflor A ou provenant de LMK Energy B. Pour former les morceaux de bois torréfié, du bois brut est d'abord concassé et découpé. Ce bois brut concassé est ensuite préalablement séché à moins de 15% d'humidité avant de subir le processus de torréfaction.

Le bois torréfié concassé est ensuite classifié en fonction de sa
20 taille par exemple par un tamisage pour retenir des morceaux de bois torréfié présentant une granulométrie comprise entre 3 mm et 25 mm.

Avantageusement, ce bois brut est choisi parmi un groupe des morceaux de bois de hêtre, du bois de pin, du bois de peuplier, du bois de frêne, du bois d'acacia, du bois d'eucalyptus, du bois de résineux, et leurs
25 combinaisons.

La figure 2 illustre une coupe d'un lit filtrant comprenant un matériau filtrant. Le lit filtrant comprend par exemple des morceaux en vrac dont la granulométrie est variable. Avantageusement, une disposition en vrac, aléatoire des morceaux, crée une pluralité d'espaces interstitiels, ce qui
30 favorise un développement d'un biofilm bactérien et un écoulement des eaux clarifiées au travers du lit filtrant. La figure 2A illustre une coupe d'un lit filtrant

composé uniquement de morceaux de bois torréfié 1. La figure 2B illustre une coupe d'un lit filtrant comprenant, en partant du haut vers le bas :

- une première couche de morceaux de bois torréfié 1,
- une deuxième couche comprenant des morceaux d'un deuxième matériau filtrant 2,
- une troisième couche de morceaux de bois torréfié, et
- une quatrième couche comprenant des morceaux d'un troisième matériau filtrant 3.

Avantageusement, selon la présente invention, les morceaux de bois torréfié sont des plaquettes de bois torréfié.

La figure 2C illustre une coupe d'un lit filtrant comprenant des morceaux de bois torréfié 1, des morceaux d'un deuxième matériau filtrant 2 et des morceaux d'un troisième matériau filtrant qui sont répartis de manière aléatoire sur la hauteur et/ou la largeur et/ou la longueur dudit lit filtrant. Avantageusement, le lit filtrant comprend un matériau filtrant homogène mais il peut en outre comprendre au moins un matériau filtrant additionnel, comme par exemple illustré à la figure 2B et 2C par le deuxième matériau filtrant et le troisième matériau filtrant, choisi dans le groupe du Xylit, des coques concassés de fruits à coque, du bois pyrolysé, du bois brut, et des fibres végétales, ledit matériau filtrant et ledit matériau filtrant additionnel étant agencés en mélange ou en couches superposées selon la direction fluide de filtration.

Comme illustré à la figure 2, le matériau filtrant comprend une population de morceaux. Avantageusement, ladite population de morceaux comprend une première population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 10 mm et une deuxième population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules supérieure à 10 mm et inférieure ou égale à 25 mm, ledit matériau filtrant présente une masse de la première population supérieure à celle de la deuxième population.

Les flèches 4 à la figure 2 illustre les vecteurs de déplacement des eaux au travers du matériau filtrant. Comme illustré, ces vecteurs de déplacement 4 des eaux au travers du matériau filtrant peuvent être verticaux,

horizontaux ou obliques selon différentes positions d'entrée des eaux clarifiées et des positions de sorties des eaux filtrées. La direction fluidique de filtration est la somme de ces différents vecteurs de déplacement des eaux au travers du matériau filtrant. Avantageusement, cette direction fluidique est
5 substantiellement orientée du haut du lit filtrant vers le bas du lit filtrant en fonction de la force de pesanteur.

Le matériau filtrant selon la présente invention possède certaines propriétés chimiques et physiques. En effet, le matériau filtrant possède avantageusement une capacité volumique de rétention d'eau comprise
10 entre 7% et 25% en volume d'eau calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant. Le matériau filtrant possède aussi préférentiellement une densité apparente de lit de matière sèche comprise entre 0,1 et 0,3 g/cm³. Le matériau filtrant en forme de lit filtrant est également défini de manière avantageuse par une capacité d'air comprise entre 30 et
15 40% en volume d'air calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant. Le matériau filtrant suivant la présente invention possède également de manière préférée une résistance à la dégradation lorsqu'il forme un lit de matériau filtrant mesurée par un pourcentage de tassement moyen inférieur à 1% par rapport au volume initial d'un lit de matière
20 sèche formé du matériau filtrant. Le matériau filtrant présente également de manière avantageuse une teneur en matières hydrosolubles comprise entre 2 et 4% en poids par rapport au poids de matériau filtrant. De manière préférée, le matériau filtrant suivant la présente invention comprend une teneur en morceaux de bois torréfié comprise entre 35 et 100% en poids par rapport au
25 poids de matériau filtrant.

La figure 3 illustre une vue en coupe de la cuve d'épuration 5 destinée au traitement des eaux usées selon la présente invention. Cette cuve d'épuration 5 comprend une enceinte de décantation 6 et une enceinte de filtration 7 possédant des parois 8 réalisées dans un matériau inerte par rapport
30 à la corrosion comme par exemple du béton, ou un polymère comme du polyéthylène ou du polypropylène. L'enceinte de décantation 6 et l'enceinte de filtration 7 sont séparées par une paroi 9. La cuve d'épuration 5 est en outre munie d'un premier système d'ouverture 10 permettant l'accès à l'enceinte de décantation 6 et d'un deuxième système d'ouverture 11 permettant

l'accès à l'enceinte de filtration 7. L'enceinte de décantation 6 comprend une entrée d'eaux usées 12 et une sortie des eaux clarifiées au travers d'un filtre 13. Un tuyau 14 est relié au filtre 13 assurant une communication fluide entre l'enceinte de décantation 6 et l'enceinte de filtration 7. L'enceinte de filtration 7 comprend un distributeur 15 relié au tuyau 14. Avantageusement, le distributeur 15 est accroché à une paroi supérieure de l'enceinte de filtration 7 à l'aide d'attaches 16 et 16'. Le distributeur 15 possède en outre une entrée des eaux clarifiées 17. L'enceinte de filtration 7 possède également une sortie d'eaux filtrées 18, entre lesquelles s'étend un lit filtrant 19 comprenant le matériau filtrant selon la présente invention. L'enceinte de filtration 7 comprend également un moyen de répartition des eaux clarifiées, localisé en aval du distributeur 15 et comprenant un auget basculant (non représenté à la figure 3). Ledit moyen de répartition comprend une pluralité d'orifices de sortie 20, 20' qui aboutissent dans des conduites 21, 21' pour être déversées sur le lit filtrant 19.

Les eaux usées entrent dans l'enceinte de décantation 6 via l'entrée d'eaux usées 12. L'enceinte de décantation 6 est agencée pour permettre aux matières solides en suspension de sédimenter dans une zone inférieure 22 de l'enceinte de décantation 6. La phase liquide clarifiée, les eaux clarifiées, sort de l'enceinte de décantation 6 au travers du filtre 13 et arrive ensuite dans le distributeur 15 par le tuyau 14 surmontant le distributeur 15. Le tuyau 14 permet l'entrée d'eaux clarifiées dans la cuve de filtration 7. L'enceinte de filtration 7 comprenant ledit lit de matériau filtrant 19 présente une face amont et une face aval selon une direction fluide de filtration. La direction fluide de filtration est la somme des vecteurs de déplacement 4 des eaux au travers du matériau filtrant. Ces vecteurs de déplacement 4 sont également représentés à la figure 2. Avantageusement, l'entrée d'eaux clarifiées par le tuyau 14 dans l'enceinte de filtration est localisée dans une zone supérieure de ladite enceinte de filtration 7 et ladite sortie d'eaux filtrées 18 est localisée dans une zone inférieure de ladite enceinte de filtration 7. Avantageusement, la communication fluide entre ladite enceinte de filtration 7 et ladite enceinte de décantation 6 est réalisée au travers d'un distributeur d'eaux clarifiées 15 qui comprend une pluralité de sorties d'eaux clarifiées 20, 20' et 21, 21', les sorties d'eaux clarifiées répartissant lesdites eaux

clarifiées en une pluralité de positions à la face amont du lit filtrant. Lesdites eaux clarifiées passent au travers du lit filtrant 19 selon la direction fluide de filtration pour donner des eaux filtrées. Les eaux filtrées sont ensuite évacuées par la sortie d'eaux filtrées 18. Préférentiellement, la cuve d'épuration 5 comprend également au moins une tubulure d'alimentation d'un gaz (non représentée à la figure 3) contenant de l'oxygène agencée pour fournir de l'oxygène dans l'enceinte de filtration 7 pour permettre une digestion aérobie par une population bactérienne répartie sur le lit de matériau filtrant 19. De manière avantageuse, le lit de matériau filtrant 19 présente une surface de filtration comprise entre 2 m² et 10 m².

Avantageusement, lesdites matières solides en suspension qui ont sédimentées dans la zone inférieure 22 de l'enceinte de décantation 6 sont évacuées de l'enceinte de décantation 6 de manière prédéterminée à intervalle régulier.

Avantageusement, les eaux usées présentent une teneur initiale en ion nitrate et les eaux filtrées présentent une teneur en ion nitrate au moins 5 fois supérieure à la teneur initiale en ion nitrate des eaux usées.

De manière préférée, les eaux filtrées présentent une demande biochimique en oxygène, DBO₅, inférieure ou égale à 20 mgO₂.l⁻¹.

Préférentiellement, les eaux usées présentent une teneur initiale en ion ammonium et les eaux filtrées présentent une teneur en ion ammonium diminuée d'au moins 70% par rapport à la teneur initiale en ion ammonium des eaux usées.

Exemples.-

Exemple 1.- Température et durée de torréfaction du bois pour obtenir des morceaux de bois torréfié selon la présente invention

Le bois brut provenant de déchets de scierie est préalablement découpé avant séchage en morceaux ayant une granulométrie allant de 3 mm à 10 cm. Ce bois découpé est ensuite séché à une température de 80°C dans une atmosphère réductrice pour obtenir un bois découpé séché ayant une humidité inférieure ou égale à 15%.

Après séchage, le bois est torréfié à une température augmentant progressivement jusqu'à 240°C pendant 60 minutes dans une atmosphère réductrice.

Les morceaux de bois torréfié sont ensuite tamisés à l'aide d'un
5 tamis permettant de récolter des morceaux ayant une granulométrie comprise entre 3 mm et 25 mm. Ces morceaux de bois torréfié sont séparés en une première population de morceaux ayant une granulométrie comprise entre 3 mm et 10 mm et une deuxième population de morceaux ayant une granulométrie supérieure à 10 mm et inférieure ou égale à 25 mm.

10 **Exemple 2.-** Préparation d'un lit filtrant comprenant des morceaux de bois torréfié selon la présente invention

Un lit filtrant comprenant les morceaux de bois torréfié obtenus à l'exemple 1 est placé dans l'enceinte de filtration. Ce lit filtrant possède un diamètre de 200 mm et une hauteur de lit de 480 mm. Ce lit filtrant comprend
15 3,15 kg de matières sèches de morceaux de bois torréfié dont 70 % en masse correspond à la première population de morceaux et 30 % en masse correspond à la deuxième population de morceaux. La première et la deuxième population de morceaux sont mélangées en vrac dans tout le volume constituant le lit filtrant.

20 **Exemple 3.-** Capacité épuratoire en pilote de test

Un pilote de test selon la présente invention ayant un volume de 15 dm³ et un lit filtrant selon l'exemple 2, possède une capacité de traitement des eaux usées définie par une charge organique journalière nominale de 150 l.j⁻¹.EH⁻¹ et un débit hydraulique journalier nominal de 3,6 l par jour (l.j⁻¹). Le
25 terme « EH » signifie « équivalent habitant ». Ce pilote de test permet d'obtenir des eaux filtrées en sortie de l'enceinte de filtration ayant une charge organique journalière nominale inférieure ou égale à 35 mg/l et une teneur en matières solides en suspension inférieure ou égale à 30 mg/l.

Exemple 4.- Comparaison des capacités de rétention volumique
30 d'eau du lit filtrant formé de différents matériaux filtrants

On a comparé les capacités volumiques de rétention d'eau des matériaux indiqués dans le tableau 1 en appliquant 23 l d'eau pour 23 dm³ de matériau filtrant sous forme d'un lit de 2,875 dm² sur une hauteur de 0,8 m. On a testé des matériaux filtrants composés de morceaux de bois torréfié provenant de Saniflor (Exemple 4.1), de morceaux de bois torréfié provenant de LMK Energy (Exemple 4.2), de coir de coco (Exemple 4.3), d'écorces de pin (Exemple 4.4) et de coques de noisettes (Exemple 4.5).

Tableau 1.-

Numérotation	Types d'exemple	Matériau filtrant	Granulométrie moyenne	Densité du matériau filtrant
Exemple 4.1	Selon l'invention	Morceaux de bois torréfié (Saniflor)	6,5 mm	196 kg/m ³
Exemple 4.2	Selon l'invention	Morceaux de bois torréfié (LMK Energy)	6,5 mm	196 kg/m ³
Exemple 4.3	Exemple comparatif	Coir de coco	4 mm	94 kg/m ³
Exemple 4.4	Exemple comparatif	Ecorces de pin	3 mm	169 kg/m ³
Exemple 4.5	Exemple comparatif	Coques de noisettes	10 mm	225 kg/m ³

Pour déterminer la capacité volumique de rétention d'eau, on a immergé un lit filtrant dans un volume d'eau prédéterminé pendant 24h. Le lit filtrant est ensuite égoutté jusqu'à ce que de l'eau ne s'écoule plus du lit filtrant (masse d'eau stable dans un bac de récupération sur balance). On a ensuite récupéré un volume déterminé de matériau de filtration (inférieur à 5 dm³) gorgé d'eau qu'on a ensuite placé dans une étuve à 110°C pendant 12h. La quantité d'eau retenue par le matériau de filtration est obtenue par soustraction de la masse de matériau après séchage à l'étuve (110°C, 12h) de

la masse initiale de matériau gorgé d'eau (après égouttage) et porté par unité de volume de matériau de filtration.

Les capacités de rétention volumique d'eau du lit filtrant sont calculées comme étant la différence entre la masse humide de l'échantillon et la masse sèche de l'échantillon divisé par le volume de l'échantillon. Dans certains cas, il pourra être avantageux d'échantillonner à différents endroits de la colonne et de procéder à une moyenne.

La figure 4 illustre la capacité volumique de rétention d'eau d'un lit filtrant constitué de morceaux de bois torréfié provenant de Saniflor (Ex 4.1) ou de LMK Energy (Ex 4.2), de coir de coco (Ex 4.3), d'écorces de pin (Ex 4.4), de coques de noisettes (Ex 4.5). La figure 4 montre la capacité volumique de rétention d'eau du lit filtrant à une hauteur prédéterminée du lit filtrant. Les matériaux filtrants utilisés dans les exemples 4.1, 4.2 et 4.5 montrent une capacité volumique de rétention d'eau plus faible que les matériaux filtrants utilisés dans les exemples 4.3 et 4.4. Il est important d'avoir une capacité volumique de rétention d'eau supérieure à 5% pour permettre une bonne croissance du biofilm bactérien mais inférieure à 25% pour éviter une dégradation trop rapide du matériau filtrant. Un lit filtrant constitué de coir de coco (Ex 4.3) et d'écorces de pin (Ex 4.4) montre une capacité de rétention volumique d'eau trop élevée comparée aux morceaux de bois torréfié (Ex 4.1 et 4.2) et aux coques de noisettes (Ex 4.5). Chaque barre noire à la figure 4 représente une moyenne sur 3 mesures expérimentales.

Exemple 5.- Comparaison du tassement hydraulique du lit filtrant formé de différents matériaux filtrants

On a comparé le tassement hydraulique de matériaux indiqués dans le tableau 2 en déversant 11,5 l d'eau sur un lit filtrant de 23 l en moins de 5 minutes. On a testé des matériaux filtrants composés de morceaux de bois torréfié provenant de Saniflor (Exemple 4.1) et des écorces de pin (Exemple 4.4). Le tassement hydraulique est mesuré en comparant la hauteur du lit filtrant après déversement d'eau par rapport à la hauteur du lit filtrant de matières sèches avant déversement d'eau.

Tableau 2.-

Numérotation	Types d'exemple	Matériau filtrant
Exemple 4.1	Selon l'invention	Morceaux de bois torréfié (Saniflor)
Exemple 4.4	Exemple comparatif	Ecorces de pin

La figure 5 illustre le pourcentage de tassement hydraulique pour le matériau filtrant de l'exemple 4.1 et de l'exemple 4.4. Comme illustré à la figure 5, un lit filtrant constitué d'écorce de pin (Ex 4.4) est plus sensible au tassement qu'un lit filtrant composé de morceaux de bois torréfié (Ex 4.1). Les morceaux de bois torréfié sont particulièrement résistants au tassement hydraulique car ils possèdent une grande dureté suite à leur torréfaction. De plus, ces morceaux de bois torréfié étant avantageusement des plaquettes de bois torréfié ont une forme rectangulaire, courtes dont l'agencement est peu susceptible de varier. La figure 5 montre pour les exemples 4.1 et 4.2 une moyenne du pourcentage de tassement hydraulique de 3 mesures expérimentales et un écart-type correspondant à chaque moyenne.

Exemple 6.- Comparaison de la teneur en matières hydrosolubles de différents matériaux filtrants

On a comparé la teneur en matières hydrosolubles de différents matériaux filtrants indiqués dans le tableau 1. Pour déterminer la teneur en matières hydrosolubles d'un matériau filtrant, on a utilisé la technique de Van Soest pour la détermination des constituants pariétaux de végétaux à l'analyse des produits de compostage et litières diverses à usage agronomique en utilisant un solvant aqueux (<http://ep.antaes.free.fr/site/html/cours4/cours4-3/resources/Methode%20-%20Technique%20Van%20Soest%20manuelle%20et%20Fibertec.pdf>) et Van Soest P.J. et Wine R.H., « *Determination of lignin and cellulose in acid-detergent liber with permanganate* ». J. Assoc. Off. Anal. Chem. 1968, 51 : 780-785).

La figure 6 montre la teneur de matières hydrosolubles de différents matériaux filtrants comme indiqué au Tableau 1. Comme le montre la figure 6, les morceaux de bois torréfié (Ex 4.1 et 4.2) possèdent un pourcentage de matières hydrosolubles de 3 à 3,5%, ce qui est relativement

faible et permet une bonne conservation du matériau filtrant. En comparaison, un matériau filtrant constitué de coir de coco (Ex 4.3) présente un pourcentage de matières hydrosolubles de 13%, ce qui est trop élevé et néfaste pour une conservation adéquate du matériau filtrant. La figure 6 montre pour chaque exemple une moyenne de la teneur en matières hydrosolubles de 3 mesures expérimentales et un écart-type correspondant à chaque moyenne.

Exemple 7.- Evolution temporelle de la production de nitrates par la biomasse aérobie contenue dans le lit filtrant formé de différents matériaux filtrants

On a comparé l'évolution temporelle de la teneur en nitrates d'eaux filtrées par différents matériaux filtrants indiqués dans le tableau 3. Pour ce faire, la teneur en nitrates des eaux filtrées est mesurée par une méthode photométrique (DMP 1.0-50.0 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) une fois par semaine.

Tableau 3.-

Numérotation	Types d'exemple	Matériau filtrant
Exemple 4.1	Selon l'invention	Morceaux de bois torréfié (Saniflor)
Exemple 4.2	Selon l'invention	Morceaux de bois torréfié (LMK Energy)
Exemple 4.3	Exemple comparatif	Coir de coco
Exemple 4.4	Exemple comparatif	Ecorces de pin

Comme le montre la figure 7, un lit filtrant constitué de morceaux de bois torréfié (Ex 4.1 et 4.2) permet d'obtenir des eaux filtrées avec une concentration accrue en nitrates au bout de 5 semaines de traitement par rapport au lit filtrant constitué de coir de coco (Ex 4.3) ou d'écorces de pin (Ex 4.4). La production d'ions nitrates (NO_3^-) ou nitrification est la résultante de la dégradation des ions ammonium. Elle est assurée par des bactéries aérobie qui interviennent en toute fin de cycle. Aussi, la présence de nitrification est un indice d'une bonne santé biologique du filtre et d'une dégradation efficace de l'azote. La figure 7 montre pour chaque exemple, et à chaque semaine,

une moyenne de la teneur en ions nitrates de 3 mesures expérimentales et un écart-type correspondant à chaque moyenne.

Il est bien entendu que la présente invention n'est en aucune façon limitée aux formes de réalisations décrites ci-dessus et que bien des
5 modifications peuvent y être apportées sans sortir du cadre des revendications annexées.

REVENDEICATIONS

1. Matériau filtrant végétal destiné au traitement des eaux usées comprenant de la cellulose et de la lignine, ledit matériau filtrant végétal étant caractérisé en ce qu'il comprend des morceaux de bois formant une population de morceaux, ladite population de morceaux
5 présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 25 mm et lesdits morceaux de bois étant des morceaux de bois torréfié.

2. Matériau filtrant selon la revendication 1, dans lequel ladite population de morceaux comprend une première population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre
10 3 mm et 10 mm et une deuxième population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules supérieure à 10 mm et inférieure ou égale à 25 mm, ledit matériau filtrant présente une masse de la première population supérieure à celle de la deuxième population.

3. Matériau filtrant selon la revendication 1 ou la
15 revendication 2, présentant une capacité volumique de rétention d'eau comprise entre 5% et 35%, plus préférentiellement comprise entre 7% et 25% en volume d'eau calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant.

4. Matériau filtrant selon l'une quelconque des
20 revendications 1 à 3, présentant une densité apparente comprise entre 0,1 et 0,3 g/cm³.

5. Matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, présentant en forme de lit filtrant une capacité en air comprise entre 20 et 50%, préférentiellement entre 30 et 40% en volume d'air
25 calculée par rapport au volume d'un lit de matière sèche formé du matériau filtrant.

6. Matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lesdits morceaux de bois torréfié sont choisis dans le groupe des morceaux de bois de hêtre, du bois de pin,
30 du bois de peuplier, du bois de frêne, du bois d'acacia, du bois d'eucalyptus, du bois de résineux, et leurs combinaisons.

7. Matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant en forme de lit filtrant de matières sèches un volume initial et une résistance à la dégradation lorsqu'il forme un lit de matériau filtrant mesurée par un pourcentage de tassement moyen
5 inférieur à 5%, préférentiellement inférieur à 4%, plus préférentiellement inférieur à 3%, encore plus préférentiellement inférieur à 2%, de manière favorable inférieur à 1% par rapport au volume initial.

8. Matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant une teneur en matières
10 hydrosolubles comprise entre 1 et 6%, préférentiellement entre 2 et 4% en poids par rapport au poids de matériau filtrant.

9. Matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une teneur en morceaux de bois torréfié comprise entre 35 et 100% en poids par rapport au poids de matériau
15 filtrant.

10. Cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, ladite cuve d'épuration comprenant :

- une enceinte de décantation des eaux usées agencées pour permettre aux matières solides en suspension de sédimenter
20 dans une zone inférieure de l'enceinte de décantation, et comprenant au moins une entrée d'eaux usées et au moins une sortie d'eaux clarifiées,
- une enceinte de filtration comprenant au moins une entrée d'eaux clarifiées, en communication fluide avec ladite au
25 moins une sortie d'eaux clarifiées de ladite enceinte de décantation, et au moins une sortie d'eaux filtrées, entre lesquelles s'étend un lit filtrant comprenant le matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, ledit
30 lit de matériau filtrant présentant une face amont et une face aval selon une direction fluide de filtration.

11. Cuve d'épuration selon la revendication 10, dans laquelle ladite au moins une entrée d'eaux clarifiées de l'enceinte de filtration est localisée dans une zone supérieure de ladite enceinte de

filtration et ladite au moins une sortie d'eaux filtrées est localisée dans une zone inférieure de ladite enceinte de filtration.

12. Cuve d'épuration selon la revendication 10 ou la revendication 11, dans laquelle la communication fluide entre ladite
5 enceinte de filtration et ladite enceinte de décantation est réalisée au travers d'un distributeur d'eaux clarifiées qui comprend une pluralité de sorties d'eaux clarifiées, les sorties d'eaux clarifiées répartissant lesdites eaux clarifiées en une pluralité de positions à la face amont du lit filtrant.

13. Cuve d'épuration selon l'une quelconque des
10 revendications 10 à 12, comprenant un moyen de répartition des eaux clarifiées, localisé en aval dudit distributeur, et comprenant un auget basculant.

14. Cuve d'épuration selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, comprenant au moins une tubulure d'alimentation
15 d'un gaz contenant de l'oxygène agencée pour fournir de l'oxygène dans l'enceinte de filtration pour permettre une digestion aérobie par une population bactérienne répartie sur le matériau filtrant.

15. Cuve d'épuration selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans laquelle ladite enceinte de décantation et
20 ladite enceinte de filtration possèdent des parois réalisées dans un matériau inerte par rapport à la corrosion.

16. Cuve d'épuration selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, dans laquelle le lit de matériau filtrant présente une surface de filtration comprise entre 1 m² et 15 m², plus préférentiellement
25 entre 2 m² et 10 m² et possède une hauteur de lit de filtration préférentiellement comprise entre 60 cm et 1 m, plus préférentiellement entre 80 cm et 95 cm, de manière préférée de 90 cm.

17. Cuve d'épuration selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, dans laquelle le lit filtrant comprend
30 préférentiellement un matériau filtrant homogène mais ledit lit filtrant peut aussi comprendre au moins un matériau filtrant additionnel choisi dans le groupe du Xylit, des coques concassés de fruits à coque, du bois pyrolysé, du bois brut, et des fibres végétales, ledit matériau filtrant et ledit matériau

filtrant additionnel étant agencés en mélange ou en couches superposées selon la direction fluidique de filtration.

18. Procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration comprenant une zone de décantation et une zone de filtration
5 comprenant un lit filtrant de matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, ledit lit filtrant présentant une face amont de lit filtrant et une face aval de lit filtrant selon une direction fluidique de filtration, ledit procédé comprenant les étapes de :

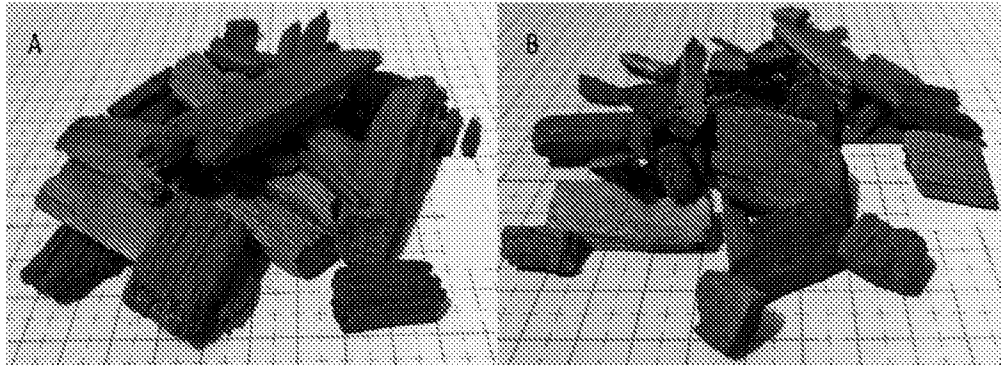
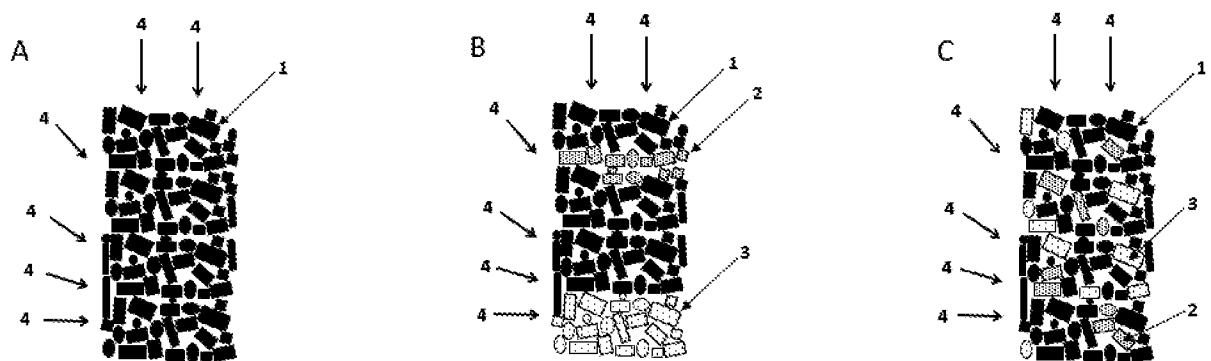
- 10 - une admission d'eaux usées dans la zone de décantation,
- une décantation des matières solides en suspension dans la zone de décantation formant un lit de matières solides décantées et une phase liquide clarifiée,
- un transfert de la phase liquide clarifiée vers la zone de filtration,
- 15 - une répartition de la phase liquide clarifiée en une pluralité de positions à la face amont du lit filtrant,
- une filtration de la phase liquide clarifiée au travers du lit filtrant selon la direction fluidique de filtration avec une obtention d'eaux filtrées, et
- 20 - une évacuation des eaux filtrées par au moins une sortie d'eaux filtrées.

19. Procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration selon la revendication 18, dans lequel les eaux usées présentent une teneur initiale en ion nitrate et les eaux filtrées présentent une teneur en
25 ion nitrate au moins 2 fois supérieure, préférentiellement au moins 3 fois supérieure, de manière favorable au moins 5 fois supérieure à la teneur initiale en ion nitrate des eaux usées.

20. Procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration selon la revendication 18 ou la revendication 19, dans lequel les
30 eaux filtrées présentent une demande biochimique en oxygène, DBO_5 , inférieure ou égale à $35 \text{ mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$, préférentiellement inférieure ou égale à $30 \text{ mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$, de manière favorable inférieure ou égale à $20 \text{ mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$.

21. Procédé d'épuration d'eaux usées dans une cuve d'épuration selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, dans lequel

les eaux usées présentent une teneur initiale en ion ammonium et les eaux filtrées présentent une teneur en ion ammonium diminuée d'au moins 50%, préférentiellement au moins 60%, de manière favorable au moins 70% par rapport à la teneur initiale en ion ammonium des eaux usées.

FIGURES**FIG 1****FIG 2**

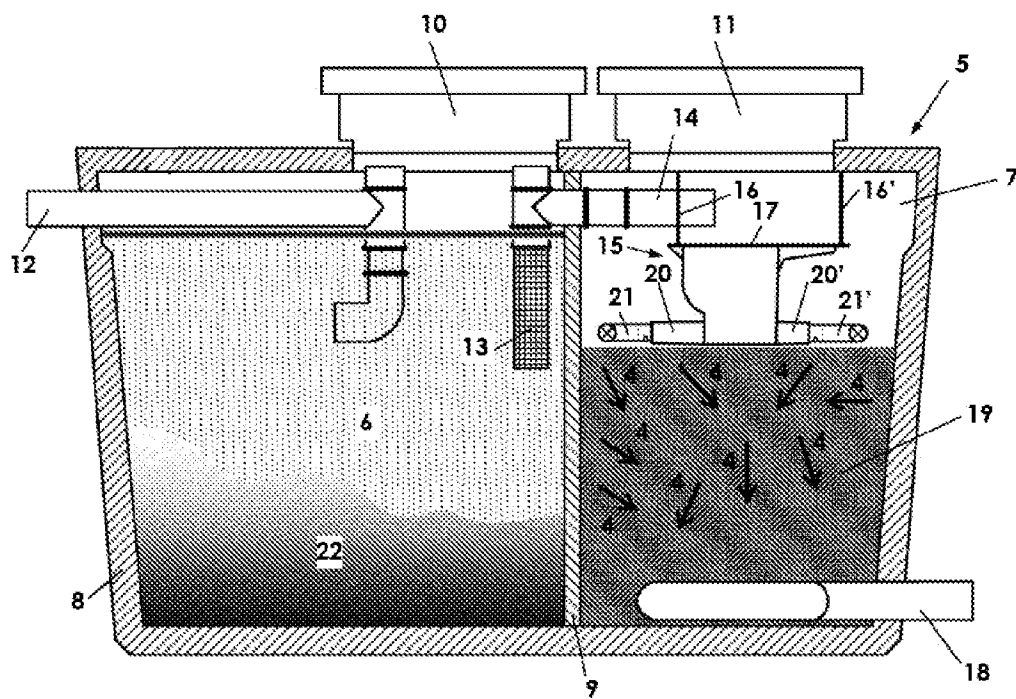


FIG 3

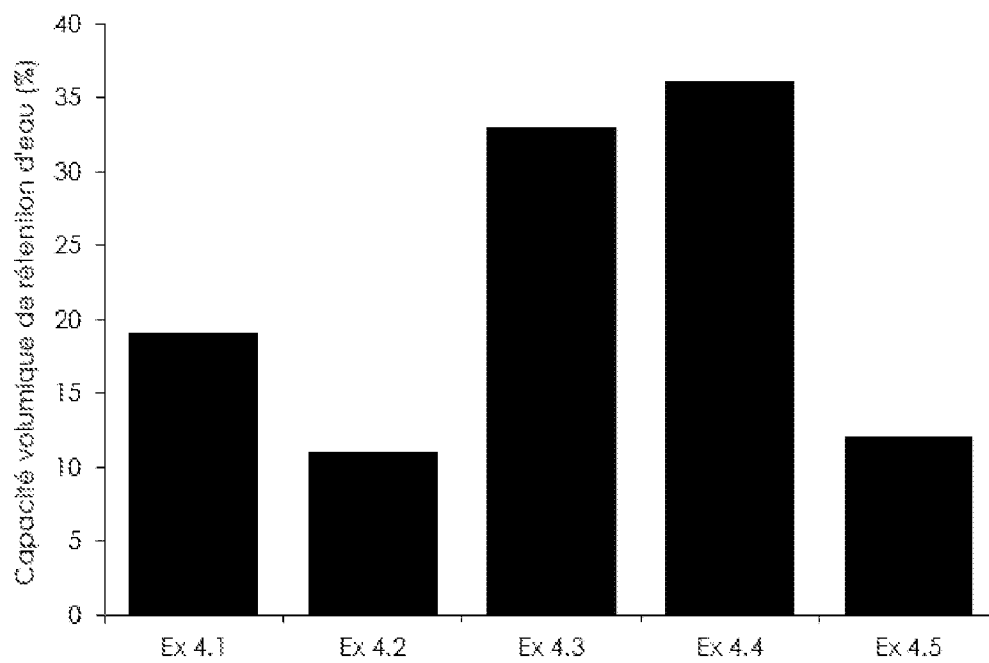
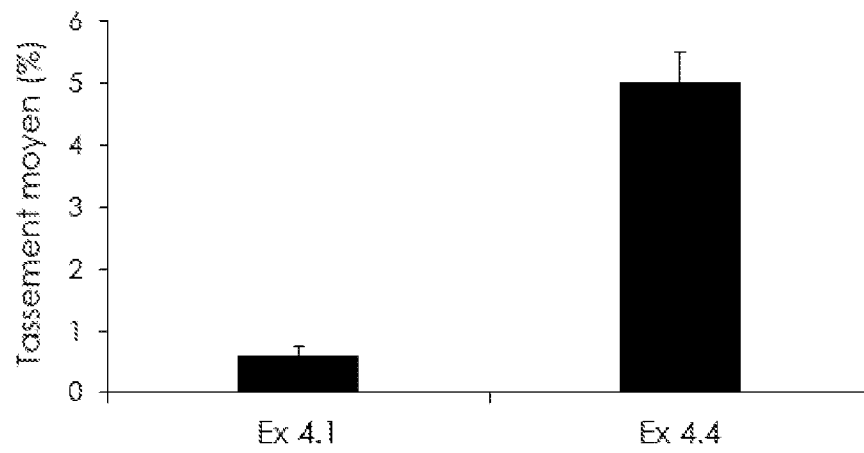
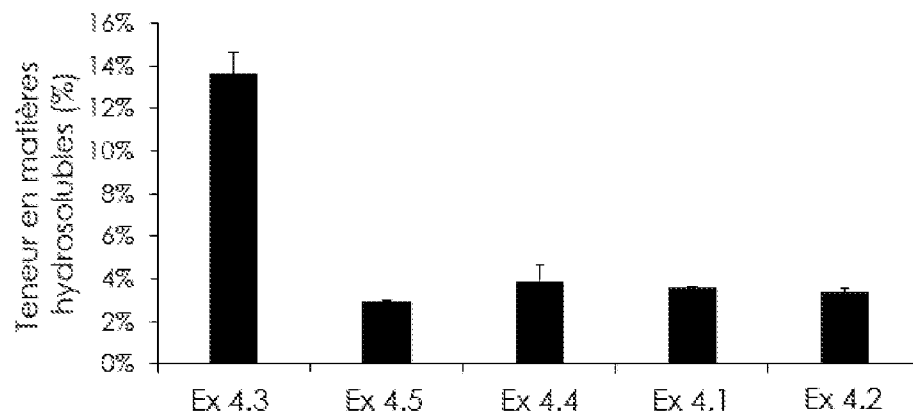


FIG 4

**FIG 5****FIG 6**

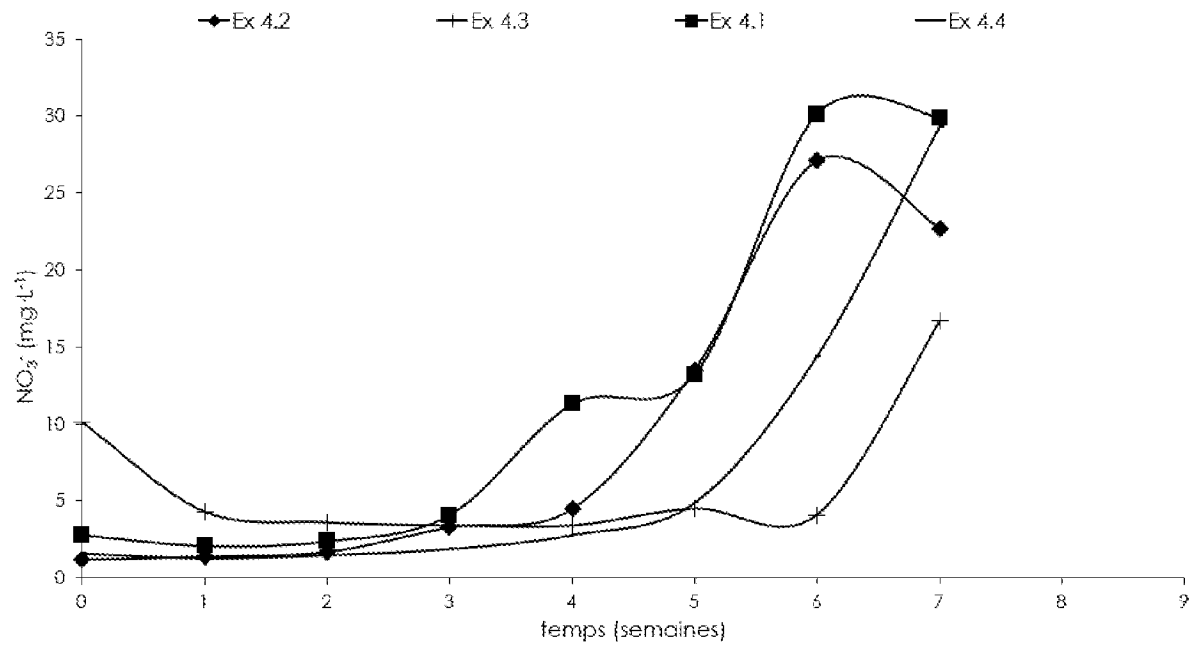


FIG 7

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE	
Demande nationale belge n° 202105511		Date du dépôt 30-06-2021	
		Date de priorité revendiquée	
Déposant (Nom) ELOY WATER GROUP			
Date de la requête d'une recherche de type international 10-07-2021		Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN79136	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification	Symboles de la classification		
IPC	Voir rapport de recherche		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☐ ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202105511

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C02F3/10 C02F3/04 B01D39/04 C02F3/12 ADD. C02F101/16		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C02F B01D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2016/200602 A1 (UNBEHAUN HOLGER [DE] ET AL) 14 juillet 2016 (2016-07-14) * alinéa [0065] - alinéa [0149] * -----	1-21
X	KR 2016 0102677 A (GU JE JIN [KR]) 31 août 2016 (2016-08-31) * figures 1-4 * * alinéa [0014] - alinéa [0166] * ----- -/--	1-21
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 25 février 2022		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Zsigmond, Zoltán

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	NAM JEONG BIN ET AL: "Coagulation Treatment of Wastewater Using Torrefied Wood Powder", PEOLPEU JONG'I GI'SUL - JOURNAL OF TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY OF KOREA, vol. 50, no. 6, 31 décembre 2018 (2018-12-31), pages 115-121, XP055895299, KR ISSN: 0253-3200, DOI: 10.7584/JKTAPPI.2018.12.50.6.115 * le document en entier * -----	1-21
A,D	EP 2 976 301 A1 (EPARCO SA [FR]) 27 janvier 2016 (2016-01-27) cité dans la demande * le document en entier * -----	1-21

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202105511

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
US 2016200602	A1	14-07-2016	DE 102013217016 A1	05-03-2015
			EP 3038744 A1	06-07-2016
			PL 3038744 T3	31-07-2018
			US 2016200602 A1	14-07-2016
			WO 2015028506 A1	05-03-2015

KR 20160102677	A	31-08-2016	AUCUN	

EP 2976301	A1	27-01-2016	CA 2905796 A1	25-09-2014
			EP 2976301 A1	27-01-2016
			ES 2861523 T3	06-10-2021
			FR 3003182 A1	19-09-2014
			PT 2976301 T	05-04-2021
			WO 2014147338 A1	25-09-2014



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN79136	Date du dépôt(jour/mois/année) 30.06.2021	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202105511
Classification internationale des brevets (CIB) INV. C02F3/10 C02F3/04 B01D39/04 C02F3/12 ADD. C02F101/16			
Déposant ELOY WATER GROUP			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Janvier 2007)	Examineur Zsigmond, Zoltán
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202105511

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - ☐ un listage de la ou des séquences
 - ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - ☐ sur papier
 - ☐ sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - ☐ remis ultérieurement
3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202105511

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	2, 4-6, 8, 10-21
	Non :	Revendications	1, 3, 7, 9
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-21
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-21
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 US 2016/200602 A1 (UNBEHAUN HOLGER [DE] ET AL) 14 juillet 2016 (2016-07-14)
- D2 KR 2016 0102677 A (GU JE JIN [KR]) 31 août 2016 (2016-08-31)
- D3 NAM JEONG BIN ET AL: "Coagulation Treatment of Wastewater Using Torrefied Wood Powder",
PEOLPEU JONG'I GI'SUL - JOURNAL OF TECHNICAL ASSOCIATION
OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY OF KOREA,
vol. 50, no. 6, 31 décembre 2018 (2018-12-31), pages 115-121,
XP055895299,
KR
ISSN: 0253-3200, DOI: 10.7584/JKTAPPI.2018.12.50.6.115
- D4 EP 2 976 301 A1 (EPARCO SA [FR]) 27 janvier 2016 (2016-01-27) cité dans la demande

Ad point V

Nouveauté

1. La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet des revendications 1, 3, 7, 9 n'étant pas nouveau.

D1 divulgue un matériau filtrant végétal destiné au traitement des eaux usées (alinéa 64) comprenant de la cellulose et de la lignine (alinéa 65, 76), ledit matériau filtrant végétal étant caractérisé en ce qu'il comprend des morceaux de bois formant une population de morceaux, ladite population de morceaux présentant une distribution de tailles de particules comprise entre 3 mm et 25 mm et lesdits morceaux de bois étant des morceaux de bois torréfié (alinéa 77-87, 89; où la modification thermique à une température de 160-260°C est identique à la torréfaction).

D1 divulgue aussi l'objet des revendications 3, 7: voir point 3.1.

D1 divulgue aussi l'objet de la revendication 9: alinéa 89, où tout le matériau est traité thermiquement (=100%).

Activité inventive

2. Nonobstant le manque de clarté mentionné ci-dessus, l'objet des revendications 2, 4-6, 8, 10-21 n'implique pas d'activité inventive, et les conditions de brevetabilité ne sont donc pas remplies.

2.1. D2, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 10, divulgue une cuve d'épuration destinée au traitement des eaux usées, ladite cuve d'épuration (alinéa 27-76, 140-160; fig 1-4) comprenant :

- une enceinte de décantation des eaux usées agencées pour permettre aux matières solides en suspension de sédimenter dans une zone inférieure de l'enceinte de décantation, et comprenant au moins une entrée d'eaux usées et au moins une sortie d'eaux clarifiées (alinéa 68-69; figure 1, numéro de référence 20);
- une enceinte de filtration comprenant au moins une entrée d'eaux clarifiées, en communication fluidique avec ladite au moins une sortie d'eaux clarifiées de ladite enceinte de décantation, et au moins une sortie d'eaux filtrées, entre lesquelles s'étend un lit filtrant comprenant le matériau filtrant selon l'une quelconque des revendications précédentes, ledit lit de matériau filtrant présentant une face amont et une face aval selon une direction fluidique de filtration (alinéa 73-75; où la partie gauche de l'enceinte fonctionne comme une enceinte de sédimentation et la partie droite comme une zone de filtration avec de morceaux de bois).

2.2. Par conséquent, l'objet de la revendication 10 diffère de ce dispositif connu en ce que il comprend des morceaux de bois torréfiés.

2.3. Il n'y aucun effet technique lié au bois torréfié et le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme pourvoir un matériau de filtration alternatif.

2.4. Le document D2 ne décourage l'homme du métier d'utiliser du bois torréfié. L'homme du métier choisirait entre des matériaux disponible et il considérerait sérieusement l'utilisation de bois qui est fréquemment utilisé pour le traitement des eaux usées, comme p.e. du bois torréfié (voir p.e. D3). Par conséquent, l'homme du métier remplacerait le bois de D2 par du bois torréfié sans une activité inventive.

La même argumentation est valable pour l'objet de la revendication 18.

2.5. Les revendications dépendantes 2, 4-6, 8, 11-17, 19-21 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.

Revendications 2, 4-6, 8: spécifier la densité et les autres paramètres physiques du matériau filtrant serait envisagé dans le cadre du développement normal.

Revendications 11: D2, figure 1

Revendications 12-15: pourvoir la cuve d'épuration avec une pluralité des sorties et un auget basculant serait une modification légère. L'augmentation d'oxygène est souvent utilisée dans la domaine de traitement des eaux usées.

Revendications 16-17: la surface de filtration spécifique et le type de bois spécifique ne semblent pas apporter d'effet technique surprenant.

Revendications 19-21: voir point 3.1.

Ad point VIII

3. La présente demande ne satisfait aux exigences de clarté pour les raisons suivantes:

Les revendications 3, 7, 19-21 ne satisfont pas à l'exigence de clarté, car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini. Les revendications tentent de définir l'objet par le résultat recherché, ce qui revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat. Il n'est pas clair quelles caractéristiques additionnelles doivent être présentes pour réaliser une capacité volumique de rétention d'eau spécifique, un tassement moyen spécifique, un DBO5 et un teneur en ion ammonium inférieur à une valeur spécifiée. Par conséquent, les caractéristiques objectées sont négligées pour l'évaluation de la nouveauté et l'activité inventive.